

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Lean e digitalisation nella Supply Chain: legami compatibilità e implementazioni



Relatore

Prof. Carlo Rafele

Candidato

Federico Giovanni Iezzi

ANNO ACCADEMICO 2019/2020

INDICE

INTRODUZIONE	4
 CAPITOLO 1 – Lean Supply Chain	8
1.1 – Introduzione approccio Lean	8
1.2 – Principi del pensiero Lean	8
1.3 – Le 5 S del pensiero Lean	9
1.4 – Dalla Lean production alla Lean Supply Chain	11
1.5 – Just in time	14
1.6 – Kanban	20
1.7 – Value stream mapping	21
1.8 – TPM (Total Productive Maintenance)	24
1.8.1 – Premessa	24
1.8.2 – I principi guida di riferimento	25
1.8.3 – Conclusioni	28
1.9 – Struttura e tempistiche di un progetto Lean	29
1.10 – Approccio Kaizen	30
1.11 – Storie Kaizen, obiettivo Zero Incidenti partendo da una qualità bassa e una produzione in ritardo	31
1.11.1 – Profilo del cliente	31
1.11.2 – Progetto	31
1.11.3 – Approccio	31
1.11.4 – Risultati principali	32
1.12 – Storie Kaizen, obiettivo Zero Incidenti partendo da una qualità bassa e una produzione in ritardo	32
1.12.1 – Profilo del cliente	32
1.12.2 – Progetto	33
1.12.3 – Approccio	33
1.12.4 – Risultati principali	34

CAPITOLO 2 – Digitalisation	35
2.1 – Big Data	36
2.2 – IoT	37
2.2.1 – <i>Tracciamento costante</i>	39
2.3 – Machine learning	40
2.3.1 – <i>ML e previsione della domanda</i>	42
2.3.2 – <i>ML e processo decisionale</i>	42
2.3.3 – <i>ML e visibilità totale</i>	43
2.3.4 – <i>ML, Riconoscimento dei movimenti spaziali e dei comandi vocali</i>	43
2.4 – Blockchain	43
2.5 – Cloud	45
2.5.1 – <i>Cybersecurity</i>	47
2.6 – Attività di una Supply Chain digitalizzata	48
2.7 – Vantaggi di una Supply Chain digitalizzata	52
 CAPITOLO 3 – Caso di studio reale: Inpeco	 54
3.1 – Premessa	54
3.2 – Presentazione del progetto	54
3.3 – Struttura del progetto	55
3.4 – Fase iniziale del progetto	56
3.5 – Nucleo del progetto	56
3.6 – Il cambiamento culturale	60
3.7 – L’espansione sull’intera Supply Chain	61
3.8 – Il ruolo della digitalizzazione	62
3.9 – Conclusione del progetto	63
3.10 – Valutazioni finali	64
 CAPITOLO 4 – Supply Chain tra Lean e digitalisation	 66
4.1 – Premessa e rivoluzione culturale	66
4.2 – Integrazione	68
4.3 – Ostacoli nell’approccio al digitale	70

4.4 – Valutazione del potenziale di digitalizzazione del flusso di valore	71
4.5 – Esempio: sbloccare il potenziale digitale di un’azienda a livello logistico	73
4.6 – Flessibilità e sprechi ridotti alla conquista del mercato	74
4.6.1 – Caso Zara	74
4.6.2 – Il ‘fast fashion’ come modello da seguire per una Supply Chain vantaggiosa	75
4.7 – Caso Accenture: abbattere le barriere è cruciale per la crescente digitalizzazione	77
4.7.1 – Il costo della concorrenza tra le funzioni	78
4.7.2 – Sulla ricerca	79
 CAPITOLO 5 – Benefici, legami e sinergie	81
5.1 – Snellire prima di digitalizzare	81
5.2 – Pratiche Lean digitalizzate	83
5.3 – Sinergia tra filosofia Lean e digitalizzazione	84
5.4 – L’operatore come valore aggiunto	85
5.5 – L’analisi dei Big Data per l’ottimizzazione della filiera	88
5.6 – La capacità migliorata delle aziende di stare al passo con l’identificazione del valore per il cliente	90
5.7 – Lean industry 4.0 la combinazione vincente per un’azienda competitiva	92
5.7.1 – Valutazioni sugli investimenti	93
 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	94

INTRODUZIONE

Di base un imprenditore per garantire la crescita della propria azienda cerca di imporsi in un mercato focalizzando le sue attenzioni principalmente su minacce concorrenziali e gestionali e, quasi mai, affronta il processo produttivo e distributivo come un reale rischio. Un imprenditore non è portato, per natura, a considerare il mercato come un suggeritore, un ottimizzatore o un produttore di idee, ma semplicemente come una “fetta di torta” da conquistare e riempire con il colore del proprio brand.

Così siamo abituati a vedere aziende che affidano il loro destino a strategie tradizionali e “solide”, a pianificazioni e implementazioni di tecniche di marketing conosciute e “rodiate”, crollare miseramente proprio perché hanno sottovalutato la prima legge del mercato: l'imprevedibilità.

Negli anni gli esperti del settore hanno studiato strumenti per ovviare a problemi di questo tipo introducendo tecniche produttive che si identificano col pensiero Lean. Il concetto Lean col passare del tempo viene esteso a tutta la filiera non solo alla produzione, in modo da eliminare la complessità e sprechi su tutti i livelli: azienda, fornitori e fino ad arrivare ai clienti. Si parla allora di *Lean Supply Chain*.

Per Supply Chain si intende un sistema di organizzazioni, persone, attività, informazioni e risorse coinvolte nel processo atto a trasferire o fornire un prodotto o un servizio dal fornitore al cliente. Tra le principali attività della Supply Chain management (SCM) troviamo: la produzione, la gestione del magazzino, il rapporto con i fornitori, la logistica e la gestione delle info. Lo scopo primario del SCM è quello di massimizzare il livello di servizio al cliente finale, ottimizzando contestualmente i costi operativi e il capitale impegnato. È di sostanziale importanza sottolineare che, nei progetti di SCM, un fattore indispensabile è la collaborazione. Attraverso la collaborazione si aspira a migliorare alcune funzioni come:

- la previsione della domanda, necessaria al fine di comprendere più approfonditamente le esigenze dei consumatori;
- la pianificazione della domanda, per realizzare piani di azione più attendibili e precisi e ridurre il numero di resi (logistica di ritorno);
- il trattamento degli ordini;

- la pianificazione della capacità produttiva e quindi il conseguente utilizzo ottimale degli impianti;
- la pianificazione dell'utilizzo dei materiali;
- l'integrazione tra domanda e fornitura;
- l'integrazione e collaborazione tra produzione, logistica e marketing.

L'ambiente in cui operano le imprese è profondamente mutato e con esso l'organizzazione aziendale ha subito una profonda evoluzione (Fig. 1). Nel tempo, infatti, si è assistito a un progressivo spostamento del controllo del mercato dal prodotto al cliente e quindi ai consumatori finali. Oggi è ormai consolidata la necessità di monitorare, anticipare e controllare i fenomeni di vendita, prevedendo l'evoluzione dei consumi e delle tendenze del mercato. A essere coinvolta è l'azienda nella sua totalità e tutte le singole aree: dal marketing al controllo, ma un ruolo determinante è comunque ricoperto dalla catena della logistica. Nel passato alla logistica è stata attribuita un'importanza secondaria, ma attualmente è stata rivalutata, grazie anche all'affermazione di Internet e delle nuove modalità di scambio di beni e servizi che ne derivano. La logistica per qualsiasi tipo di impresa, sia essa di piccole, medie o grandi dimensioni, ha assunto in questi ultimi anni una valenza determinante con contorni addirittura strategici, contribuendo in modo rilevante ad aumentare la redditività dell'intero "processo di business" aziendale. La logistica è essenzialmente una pianificazione di processi, organizzazione e gestione di attività, mirate a ottimizzare il flusso di materiale e le relative informazioni all'interno e all'esterno dell'azienda. La gestione logistica, in una visione prettamente tradizionale, si occupa principalmente dell'ottimizzazione dei flussi materiali (beni) e di quelli immateriali (informazioni) all'interno dell'impresa. Rappresenta il tassello di un sistema complesso di processi decisionali che coinvolgono una pluralità di attori in differenti ambiti: dalla produzione alla distribuzione fino alla vendita. La gestione della catena di distribuzione riconosce che l'integrazione limitata all'interno dell'azienda non è più sufficiente. Oggi è diventato necessario e indispensabile il coinvolgimento anche della rete di imprese che si trovano a monte e a valle nei processi e nelle attività che producono valore in termini di prodotti e servizi al consumatore finale. Le aziende non possono più essere viste come unità singole ma vanno considerate come configurazioni-costellazioni di imprese nella classica forma reticolare con nodi correlati ad altri (rapporti tra imprese e clienti), via extranet (rete che collega l'impresa con entità esterne), intranet (rete interna collaboratori azienda) e

Internet (rete telematica mondiale computer connessi), nelle complesse operazioni di produzione e vendita con l'obiettivo di raggiungere il "focus" dell'attività aziendale che è quello di soddisfare le esigenze del cliente. Conoscere e, soprattutto, utilizzare sistemi che consentono di misurare le prestazioni operative delle attività aziendali è la chiave di volta per garantire il successo del business. Mappare i processi, evidenziare i flussi, misurare le prestazioni per ridurre i costi connessi alla logistica e alla movimentazione delle merci è oggi essenziale. Automatizzare i processi e monitorarli real time rende possibile una reale ottimizzazione degli ordini minimizzando i rischi. Limitare quanto più possibile le interruzioni dell'operatività affidandosi a solidi e strutturati sistemi di controllo, in uno scenario sempre più globalizzato è garanzia di successo. Nuovi ambiti applicativi nello studio dei Big Data e dei processi transazionali consentono oggi di ricomporre i pezzi di un puzzle chiamato Supply Chain, una SC frammentata, polverizzata da passaggi tra fornitore e committente. Così, la maggior parte delle volte, si presentano criticità e colli di bottiglia dovuti a una scorretta gestione del Business Process. Bisogna guardare la Process Intelligence in ambito catena di distribuzione, ovvero l'analisi in tempo reale dei dati di processo per mappare e analizzare l'andamento dei processi logistici e continuamente ridisegnare la mappa delle attività logistiche con la flessibilità necessaria a rivoluzionare il processo o l'organizzazione, se necessario [1].

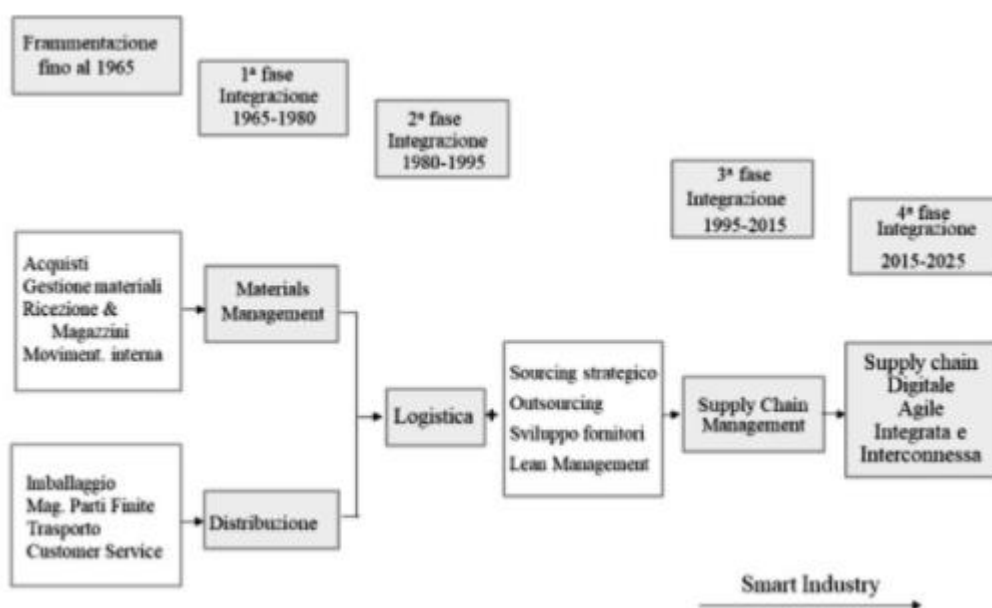


Figura 1 Evoluzione supply chain nel tempo

Da qualche anno a questa parte siamo entrati nell'era digitale in cui tutto è connesso e ogni informazione diventa planetaria in pochi minuti. Il cliente è sempre di più l'ago della bilancia della crescita inoltre lo sviluppo delle aziende e la diffusione delle tecnologie digitali facilitano la loro trasformazione in sistemi agili, sinergici e connessi end-to-end, dal cliente al fornitore di secondo o di terzo livello. La progressiva diffusione dell'impresa 'intelligente' genera un nuovo ecosistema che impone la revisione della vision d'impresa, l'integrazione spinta delle filiere di fornitura e la creazione di Supply Chain estese, agili, veloci, interconnesse, innovative e competitive. Le funzioni aziendali continueranno ad esistere in quanto associate ad attività ripetitive che implicano specifiche competenze e responsabilità, ma i confini interfunzionali saranno sempre più labili e i silos gestionali e informativi dovranno sparire in quanto limitativi dell'efficienza e dell'efficacia del sistema impresa [2].

CAPITOLO 1 - LEAN SUPPLY CHAIN

1.1 - Introduzione approccio Lean

La metodologia Lean non è una novità nel campo del business, anzi le sue origini risalgono ai tempi del boom dell'industria automobilistica. Si potrebbe iniziare a parlare di Lean production intorno agli anni 50, per contraddistinguere un sistema diverso rispetto alla produzione di massa, nata invece dopo la rivoluzione industriale all'inizio del secolo scorso. Il principale precursore della metodologia Lean è il Toyota Production System (TPS), il metodo di produzione inventato tra il 1948 e il 1975 dalla casa automobilistica Toyota alla base del quale c'è l'idea del "fare di più con meno" cioè utilizzare poche risorse nel modo più produttivo possibile.

È grazie a Womack Jones e Roos che il termine "Lean" è divenuto popolare nel 1991 con la pubblicazione del loro libro "La macchina che ha cambiato il mondo". I due studiosi hanno illustrato per la prima volta, in maniera chiara, le notevoli differenze tra il sistema produttivo occidentale e il TPS. Fu chiaro come la casa giapponese riuscì ad eliminare gran parte degli sprechi rispetto a quello che era il sistema Ford, utilizzando piccoli lotti a seconda della necessità e non di grandi dimensioni, permettendo ai lavoratori di interrompere la linea di produzione in caso di guasti. Questo nuovo metodo snello richiedeva che le comunicazioni fluissero in entrambe le direzioni aumentando la qualità, riducendo tempi e costi. Gli autori, Womack, Jones e Roos suggeriscono che la produzione snella può essere utilizzata anche al di fuori della produzione automobilistica adattando i suoi principi alla tradizionale produzione di massa. Attualmente siamo a conoscenza del fatto che questa teoria è applicabile non solo in molteplici campi di produzione ma a tutta la filiera cioè dall'approvvigionamento delle materie prime fino alla consegna al cliente finale [3].

1.2 - Principi del pensiero Lean

Le aziende operano da tempo in un contesto di mercato competitivo dove il miglioramento della flessibilità, innovazione ed efficienza sono sempre più necessari. Dobbiamo quindi riorganizzare e migliorare i processi aziendali per ridurre tutti gli sprechi e creare valore.

L'obiettivo, come già espresso, è “fare sempre di più con sempre meno”: con meno tempo, meno spazio, meno sforzo, meno macchine e meno materiali.

La Lean Organization è un insieme di principi, metodi e tecniche per la gestione dei processi aziendali, che mirano a ridurre gli sprechi e ad aumentare il valore percepito dal cliente.

I cinque principi su cui si fonda si possono così riepilogare [4]:

- *Identificare il valore per il cliente (value)* in modo da veicolare risorse verso quell'obiettivo.
- *Definire il flusso (value stream)* dopo aver definito il valore, disegnare il percorso che compie e che consente di realizzare il processo in modo da analizzare l'insieme per limare gli sprechi eliminando le attività che non creano valore.
- *Far scorrere le attività (flow)*: bisogna, ma non solo, smantellare l'idea di dividere un'entità in uffici e funzioni, il processo deve essere visto come un'azione d'insieme.
- *Pull, tirato dal cliente*: chi produce si prefigge di offrire solo ciò che serve, ciò implica un esercizio e un'organizzazione capillare.
- *La ricerca della perfezione (perfection)*: si migliora passo dopo passo dopo attività di ricerca e ottimizzazione di tutti i passaggi.

1.3 - Le 5S del pensiero Lean

La Lean è un approccio che mira al miglioramento delle performance operative attraverso l'ottimizzazione degli standard di lavoro, aiuta l'azienda a raggiungere l'eccellenza operativa tramite il miglioramento del posto di lavoro: ordine, organizzazione e pulizia. Sicuramente si tratta di attività semplici ma non banali e scontate.

Il termine 5 S deriva da cinque tappe (Fig. 1.1):

Seiri: separare il necessario dal superfluo, eliminando tutto ciò che non viene usato.

Seiton: ordinare e organizzare, disponendo in modo efficiente ed ordinato ogni cosa, “un posto per ogni cosa e ogni cosa al suo posto”.

Seison: pulire e controllare le postazioni, le apparecchiature e gli attrezzi di lavoro in modo da cogliere eventuali anomalie.

Seiketsu: standardizzare e migliorare le procedure di lavoro, l'organizzazione e le attività di pulizia creati.

Shitsuke: sostenere il miglioramento continuo con audit sistematici per monitorare il livello raggiunto e per l'individuazione di nuovi obiettivi.

	SEPARARE SEIRI	SISTEMARE SEITON	SPAZZARE SEISO	STANDARD SEIKETSU	SOSTENERE SHITSUKE
COSA	Separare necessario e superfluo, eliminare il superfluo.	Ordinare i materiali in posizioni ben definite per eliminare i tempi di ricerca	Pulire ed ordinare sistematicamente le varie aree di lavoro, scoprire i problemi	Definire e formalizzare nuovi standard di sistemazione, ordine e pulizia	Mantenere e migliorare gli standard e i risultati raggiunti
COME	- Prendere contatto con gli sprechi attraverso l'ispezione iniziale - Cartellinare le anomalie - CARTELLINO ROSSO 5S - Classificare gli oggetti secondo la frequenza d'uso - Eliminare gli oggetti non necessari	- Determinare la posizione migliore per utensili, attrezzature e materiali - Fissare con chiarezza le singole posizioni e favorire il mantenimento del nuovo ordine stabilito	- Pulizia periodica - Analisi delle sorgenti di sporco e disordine - Introduzione di standard provvisori di ordine e pulizia	- Standard definitivi di ordine e pulizia - Check list per l'approntamento delle attrezzature	- Audit periodici per la verifica del rispetto degli standard - Formazione diffusa e continua - Monitoraggio continuo delle prestazioni - Fissazione di nuovi obiettivi di miglioramento
PERCHÉ	Per azzerare gli sprechi e la ridondanza dei materiali	Per un ambiente di lavoro organizzato, gradevole e sicuro con conseguente riduzione dei costi.	Per più facili ispezioni e prevenzione dei danni/quasti; ripristini più facili e veloci ottenendo così un miglioramento dell'efficienza	Per una riduzione dei problemi/quasti ed un sistema di prevenzione di essi.	Per un ambiente più sicuro ed una maggiore soddisfazione del personale.

Figura 1.1 Applicazione delle 5S

Le 5 S rappresentano un semplice metodo per migliorare la produttività attraverso il miglioramento dell'organizzazione della postazione di lavoro. Consente, infatti, di ottenere benefici quali sicurezza, fluidità dei processi produttivi e quindi efficienza degli stessi, migliore qualità dei processi e prodotti. Tuttavia, richiede anche uno sforzo per formare le persone e vincere la resistenza al cambiamento.

È uno strumento importante per l'introduzione del pensiero snello all'interno di un'organizzazione. Sembra banale e scontata la sua applicazione, ma richiede invece l'implementazione, tramite un approccio ben strutturato, e la partecipazione di tutte le figure aziendali. Il beneficio più immediato è l'auto-capacità degli operatori di gestire ed ordinare il materiale in modo ordinato, separando le inefficienze. Attraverso il posizionamento di ogni cosa nel posto giusto, si consente a ciascun operatore di essere in grado di trovare ciò di cui

ha bisogno, così, il risultato è dato da un minore sforzo umano in termini di energia e tempo risparmiati per trovare gli oggetti.

Nell'applicare il metodo 5 S la direzione ha un ruolo importante e decisivo perché deve essere convinta e motivata al cambiamento ed essere personalmente coinvolta mettendo in atto comportamenti esemplari [5].

1.4 - Dalla Lean production alla Lean Supply Chain

Oggi in molti settori il mercato è in una fase di profondo cambiamento, soprattutto a causa del contesto economico sempre più competitivo e della stressante crisi economica, e le imprese sono chiamate ad adattarsi alle nuove condizioni per poter mantenere vivo il proprio business. Le imprese devono saper reagire tempestivamente a questi veloci cambiamenti per essere in grado di gestire la corsa all'innovazione tecnologica e ridurre il time-to-market (ossia il tempo che intercorre tra l'ideazione di un prodotto e la sua commercializzazione) abbattendo però anche i costi di gestione interna.

La capacità di reagire prontamente è richiesta a tutta la Supply Chain implementando il pensiero snello (Lean thinking) già impiegato nell'area della produzione a tutta la rete di organizzazioni coinvolte mediante relazioni a monte e a valle nei diversi processi che vanno poi a conferire valore a prodotti e servizi destinati al consumatore finale.

Tutta l'azienda viene coinvolta in una visione di insieme tramite la messa a flusso dei processi principali, dalla progettazione fino alla gestione degli ordini:

- dall'idea di marketing, attraverso il processo di sviluppo di nuovi prodotti;
- dalla richiesta del cliente, attraverso il processo di gestione delle informazioni e la gestione degli ordini, si arriva a dare al cliente quello che ha chiesto;
- dai fornitori, attraverso il processo di trasformazione della produzione, si arriva al prodotto finito imballato;
- dal magazzino e dai prodotti finiti, attraverso il processo di distribuzione/installazione e consegna, si dà al cliente la disponibilità del prodotto finito.

Tutti questi processi coinvolgono anche l'organizzazione, la contabilità industriale e la gestione della qualità per ridurre al minimo l'utilizzo delle risorse impegnate.

L'attività prevalente in un percorso di sviluppo verso la Lean Supply Chain sta nella capacità di fotografare in modo chiaro e schematico l'attuale flusso dei materiali dai fornitori ed il relativo processo di approvvigionamento, intercettando e mettendo in evidenza gli sprechi e le attività senza valore aggiunto.

Il modello "Lean thinking" ci suggerisce di ricercare tra le 7 tipologie di spreco (7 muda) presenti generalmente nei nostri processi. Di seguito sono elencati questi 7 sprechi, opportunamente calati nel processo di approvvigionamento dei materiali, e quindi in un'ottica di Lean Supply Chain [6]:

- *Sovraproduzione*

La sovrapproduzione è la produzione o l'acquisizione di beni prima che siano effettivamente richiesti. La sovrapproduzione deve essere immagazzinata, gestita e protetta, generando quindi altri sprechi.

Nella logica Lean questa situazione costituisce un aggravio di costi (il valore del prodotto invenduto). Inoltre lo stoccaggio di una quantità di prodotti "non richiesti" determina il conseguente "spreco" di spazio.

È quindi auspicabile "produrre solo il necessario" evitando di sprecare risorse e materiali per realizzare "prodotto per i magazzini".

Naturalmente questo è un presupposto "teorico" che va temperato nella realtà produttiva, che presuppone importanti investimenti in infrastrutture e organizzazione per orientare la produzione alla massima flessibilità.

- *Difetti*

Sono errori di realizzazione e rifacimenti o anche produzione di parti e prodotti non necessari.

Nella filosofia Lean viene ritenuto spreco la realizzazione di un pezzo difettoso sia esso scarto o che necessiti di lavorazioni aggiuntive (o rilavorazioni) rispetto allo standard.

Nella realtà non sempre è semplice individuare e risolvere tutti i problemi che possono dare luogo a scarti e/o pezzi difettosi, tuttavia è innegabile che scarti, lavorazioni aggiuntive e

rilavorazioni costituiscano una parte rilevante nella struttura dei costi e quindi siano da ridurre o eliminare.

- *Trasporti*

Ogni volta che un prodotto è trasferito rischia di essere danneggiato, perso, in ritardo, etc., così il trasporto diventa un costo che non produce valore.

Sono quindi da valutare in tale ottica tutte le operazioni di trasporto da un posto ad un altro, da un reparto ad un altro, che indubbiamente hanno un costo in termini di risorse, con la possibilità di generare scarti legati alle operazioni di movimentazione stessa (che a tutti gli effetti è una lavorazione aggiuntiva).

Abitualmente vi sono due aspetti da investigare e su cui intervenire:

- Analizzare la causa (motivo) per cui è necessario il trasporto, eliminando (o riducendo) i vincoli che rendono necessario il trasporto stesso
- Analizzare e migliorare (ottimizzare) il metodo del trasporto.

- *Attese*

Questo spreco si riferisce fondamentalmente al tempo impiegato dai lavoratori nell'attesa che la risorsa sia disponibile, ma anche al capitale immobilizzato in beni e servizi che non sono ancora stati consegnati al cliente. In queste circostanze operatori o macchine hanno tempi improduttivi o meglio non impegnati in attività che recano valore aggiunto, ad esempio nell'attesa di un componente o del completamento del lavoro di una macchina precedente.

- *Scorte*

Le scorte, siano esse in forma di materie prime, di materiale in lavorazione, o di prodotti finiti, rappresentano un capitale che non ha ancora prodotto un guadagno sia per il produttore che per il cliente. Ciascuna di queste voci che non sia ancora elaborata per produrre valore è uno spreco. Giacenze superflue di materia prima, prodotti finiti e semilavorati incrementano i tempi di risposta dell'azienda ad una richiesta del cliente. I beni in giacenza, inoltre, possono rovinarsi o diventare obsoleti e potrebbero essere scartati.

- *Movimento*

È simile ai trasporti, ma si riferisce, anziché ai prodotti, ai lavoratori o alle macchine. Tutti i movimenti degli operatori che non portano valore aggiunto al prodotto sono sorgente di spreco di risorse. Esempi possono essere la necessità di spostarsi per utilizzare o ricercare un particolare utensile, la necessità di consultare documentazione di procedure operative, movimenti ergonomicamente scorretti.

- *Processi inutili*

Usare più risorse rispetto a quelle effettivamente necessarie per le attività produttive o aggiungere funzioni in più, oltre a quelle che aveva originariamente richiesto il cliente, produce solo sprechi. Può accadere inoltre che gli operatori che possiedono una qualifica superiore a quella necessaria per realizzare le attività richieste, generino dei costi per mantenere le proprie competenze che vanno sprecati nella realizzazione di attività meno qualificate.

1.5 - Just In Time

Una prima strategia adottabile per contrastare gli sprechi è quella del Just In Time (JIT). Questa filosofia industriale ha invertito il "vecchio metodo" di produrre prodotti finiti per il magazzino in attesa di essere venduti secondo la logica push (o produzione di massa) passando alla logica pull secondo cui occorre produrre solo ciò che è stato già venduto o che si prevede di vendere in tempi brevi. In termini più pragmatici, ma anche riduttivi è una politica di gestione delle scorte a ripristino, che utilizza metodologie tese a migliorare il processo produttivo cercando di ottimizzare non tanto la produzione quanto le fasi a monte, di alleggerire al massimo le scorte di materie prime e di lavorati necessari alla produzione. In pratica si tratta di coordinare i tempi di effettiva necessità dei materiali sulla linea produttiva con la loro acquisizione e disponibilità nel segmento del ciclo produttivo e nel momento in cui debbono essere utilizzati. Il Just In Time abbina elementi quali affidabilità, riduzione delle scorte e del lead time, ad un aumento della qualità e del servizio al cliente. Alla base della filosofia del JIT qualsiasi scorta di materiale, semilavorato o prodotto finito è uno spreco: di risorse economiche, finanziarie. Più il processo è "corto" nella somma dei processi di

progettazione e di produzione (sommando i tempi di produzione e transito) e più l'industria con i suoi prodotti e servizi, inclusi prevendita e postvendita, è vincente.

Vantaggi del Just In Time:

I sistemi di inventario JIT presentano diversi vantaggi rispetto ai modelli tradizionali. I cicli di produzione sono brevi che significa che i produttori possono passare rapidamente da un prodotto all'altro. Inoltre, questo metodo riduce i costi minimizzando le esigenze di magazzino e le aziende inoltre spendono meno in materie prime perché acquistano risorse appena sufficienti per realizzare i prodotti ordinati.

Svantaggi del Just In Time:

Gli svantaggi dei sistemi di inventario JIT comportano potenziali interruzioni nella catena di approvvigionamento: se un fornitore di materie prime ha un guasto e non può consegnare la merce in modo tempestivo, potrebbe plausibilmente bloccare l'intero processo di produzione così come un ordine improvviso e inaspettato di merci potrebbe ritardare la consegna dei prodotti finiti ai clienti finali.

1.5.1 - Aspetti fondamentali del JIT

Per evitare di incappare in problemi di questo genere è bene fare attenzione ad alcuni aspetti che riguardano la programmazione del JIT, il processo, le risorse umane, i fornitori ed il cliente [7].

Programmazione JIT

Questa dimensione raggruppa le leve fondamentali del JIT all'interno dello stabilimento e comprende:

1. Dimensione piccola dei lotti

Operare con piccoli lotti riduce il WIP e consente di ottenere tempi brevi di attraversamento dal momento che le code sono minime.

2. *Ripetitività giornaliera/oraria del PPP (Piano Principale di Produzione)*

La ricerca di ripetitività del flusso produttivo mediante l'utilizzo dello stesso mix di produzione a livello orario, a livello giornaliero e su orizzonti temporali superiori, consente il raggiungimento di efficienze maggiori.

3. *Stabilità/prevedibilità della produzione nel breve termine*

La ricerca a breve termine di stabilità del flusso produttivo (per la produzione ripetitiva) o la ricerca di prevedibilità (negli ambienti con alta varietà di prodotti) consente in prima battuta il rispetto dei tempi previsti e crea, in seconda, le condizioni più opportune per una loro riduzione.

4. *Rispetto del programma giornaliero di produzione*

Il rispetto di un programma "ragionevole" facilita la gestione degli appuntamenti e comporta, dal punto di vista delle prestazioni interne, l'operabilità con basse scorte mentre, dal punto di vista delle prestazioni esterne, comporta il rispetto delle date di consegna.

5. *Kanban*

La logica pull o a trazione, a cui fa riferimento un sistema quale il Kanban per la movimentazione dei materiali, attiva la produzione solo a seguito di un'effettiva richiesta dei reparti ed evita che vengano movimentati codici in eccesso.

Processo

Gli aspetti inerenti al processo produttivo sono dei prerequisiti per una efficace implementazione di molte delle tecniche di programmazione JIT.

1. *Disposizione planimetrica delle macchine coerente con il flusso produttivo*

È possibile ridurre i tempi di movimentazione e ottenere feedback veloci se le macchine sono: raggruppate in celle dedicate a famiglie di prodotto sulla base delle logiche della group technology; disposte secondo la sequenza del processo produttivo, in un'ottica di flusso piuttosto che di funzione; collocate una vicina all'altra in modo da minimizzare la movimentazione dei materiali.

2. *Riduzione dei tempi di attrezzaggio*

La riduzione del set up rende economicamente accettabile operare con lotti piccoli e quindi comporta tempi di attraversamento più brevi e, a parità di altre condizioni, tempi di consegna più brevi.

3. *Controllo statistico di processo*

Consente un più rigoroso monitoraggio della qualità dell'output delle operazioni, rendendo possibile una tempestiva identificazione delle anomalie ed evitando che queste possano propagarsi a valle; così si risparmiano i tempi consumati per scarti e rilavorazioni.

4. *Semplicità e producibilità dei prodotti*

L'attenzione posta durante la progettazione alla semplificazione del prodotto (migliore formulazione delle specifiche e minimizzazione del numero dei componenti) e la definizione durante l'ingegnerizzazione di operazioni facilmente eseguibili (design for manufacturing & design for assembly) porta alla riduzione della complessità e della varietà. Ne risultano, quindi, processi molto più fluidi e snelli con benefici strutturali sui tempi di attraversamento.

5. *Manutenzione preventiva*

Permette di ridurre drasticamente il tempo in cui i macchinari non sono utilizzabili ed evita che i materiali siano costretti ad attendere.

6. *Visibilità del processo*

È ottenuta tramite esposizione di pannelli sullo stato di avanzamento, gli standard previsti e le istruzioni operative; rende più veloce l'accesso alle informazioni necessarie per l'espletamento dei compiti del personale.

Risorse umane

Gli aspetti relativi alle risorse umane concorrono a formare un ambiente organizzativo nel quale le persone mettono effettivamente a frutto le loro capacità per migliorare il sistema in cui operano. Sono fondamentali:

1. *Relazioni fra manager e personale di produzione*

Buone relazioni fra manager, tecnici e operai portano ad una più rapida circolazione dell'informazione all'interno dell'organizzazione prevenendo o affrontando sul

nascere i problemi e mettendo in atto rapidamente azioni correttive. Sono importanti visite frequenti ai reparti di produzione, disponibilità ad essere presenti quando richiesto, credere nell'efficacia della comunicazione verbale diretta. Una circolazione più rapida delle informazioni sia orizzontale che verticale non solo attiva più rapidamente interventi correttivi, ma stimola un maggior impegno al miglioramento, spronando suggerimenti da parte degli addetti.

2. *Addestramento e formazione*

Aumentano la capacità della forza lavoro di identificazione e risoluzione dei problemi.

3. *Accrescimento del potere decisionale della manodopera*

I problemi dei processi vanno affrontati da parte di chi opera direttamente su di essi. L' aumento del potere decisionale della manodopera permette di adottare velocemente iniziative nel momento e nel luogo stesso in cui i problemi si manifestano evitando ritardi.

4. *Addetti multifunzionali*

La polivalenza della manodopera è necessaria perché consente una maggiore flessibilità.

5. *Suggerimenti degli addetti: realizzazione e feedback*

È importante che i suggerimenti vengano presi seriamente in considerazione dal management, che gli addetti siano incoraggiati a dare suggerimenti, che ricevano spiegazioni sul perché i suggerimenti sono stati accettati o rifiutati, e infine che quelli accettati vengano effettivamente messi in pratica.

Fornitori

Nell'ambito degli acquisti, i miglioramenti sono strettamente legati alla trasformazione di una relazione conflittuale con i fornitori incentrata sul prezzo d'acquisto ad una collaborativa che accresca i benefici per entrambi. Tra gli interventi più efficaci:

1. *Cooperazione con fornitori*

Il rapporto di tipo tradizionale tra produttore e fornitore non favorisce il miglioramento congiunto delle prestazioni di tempo, costo e qualità. La maggior collaborazione con i fornitori porta e richiede un maggior scambio di informazioni concernenti la qualità, la gestione/programmazione del flusso produttivo e la

progettazione. Quando la collaborazione investe le aree del Just in Time e del Total Quality Management (TQM) si parla di fornitori integrati; quando investe anche l'area della progettazione dei prodotti si parla più propriamente di fornitori partner.

2. *Consegne Just In Time dai fornitori*

È importante che i fornitori siano integrati secondo modalità JIT, ossia con forniture frequenti, anticipate il meno possibile rispetto al momento d'uso e trainate dai consumi del produttore in logica pull. Altro aspetto importante da garantire da parte dei fornitori è un packaging conforme alle esigenze in ricezione, così da aumentare la rapidità di accesso alle linee di produzione. Variabili chiave sono quindi: vicinanza al cliente, tempi di consegna ridotti, lotti piccoli, consegne frequenti, puntuali e affidabili in mix e quantità. Tutto ciò si riflette su scorte basse ed elevate performance di tempo del committente.

3. *Coinvolgimento dei fornitori nella qualità*

Il Just in Time per poter essere applicato richiede una grande conformità di materiali e componenti di acquisto. Da questo punto di vista il coinvolgimento dei fornitori nei programmi di garanzia e miglioramento della qualità è essenziale. L'autocertificazione della qualità in ingresso consente da sola di eliminare il tempo speso nei controlli.

Clienti

Le parole chiave nelle relazioni con i clienti sono: qualità dei prodotti, tempi di consegna ridotti, consegne affidabili e frequenti, comunicazione. Il tipo di rapporto con i clienti influenza la prevedibilità della domanda e semplifica l'intera gestione del ciclo dell'ordine.

Iniziative sulle consegne Just in Time ai clienti:

1. *Riduzione del numero di livelli della rete distributiva con trasformazione di alcuni magazzini in "transit point"*

La merce arriva ed è subito smistata verso il destinatario, senza periodi di sosta nella struttura.

2. *Trasformazione dei magazzini in centri di montaggio degli accessori*

Permette di rimandare quanto più a valle possibile il momento in cui i prodotti vengono personalizzati in base alle richieste della clientela.

3. *Frequenti consegne in piccoli lotti*

Che consentono di ridurre il tempo di attesa del cliente; questo induce, ad esempio, politiche di gestione interimpresa dei mezzi di trasporto, ovvero la condivisione del medesimo mezzo per un più efficiente uso dello spazio disponibile.

4. *Utilizzo degli strumenti di IT*

Rende possibile la gestione di un'intera rete di punti di stoccaggio con ricerca on-line degli articoli desiderati dal cliente, aumentando considerevolmente la capacità di evasione. L'adozione dei sistemi Point-Of-Sales consente poi, tramite la lettura dei codici a barre, la conoscenza aggiornata e puntuale dei prodotti presenti a scaffale presso i rivenditori e l'andamento giornaliero delle vendite, cosicché il produttore è in grado di stimare i fabbisogni con sufficiente anticipo e affidabilità.

1.6 – Kanban

La metodologia Kanban nasce in Toyota nell'ambito del Toyota Production System.

La parola vuol dire "cartellino", in quanto attraverso l'utilizzo di un sistema di cartellini si evidenziava il consumo e quindi il fabbisogno di rifornimento di materiali alle fasi successive del processo.

Con il termine Kanban si identifica più generalmente un sistema di gestione dei materiali in un processo produttivo che regola l'avanzamento in relazione al loro effettivo consumo nella fase successiva di processo.

Il sistema prevede una standardizzazione dei contenitori con definizione del numero di pezzi per contenitore ed un avanzamento alla fase successiva di un numero di contenitori pieni, esattamente pari al numero di contenitori vuoti consumati.

La metodologia Kanban consente di attuare una gestione pull dei materiali nel processo produttivo.

Attraverso l'utilizzo di un sistema Kanban si riduce la sovrapproduzione (il primo dei 7 sprechi per la Lean Production), producendo soltanto ciò che viene effettivamente richiesto dal processo a valle e nella quantità richiesta.

Ogni cartellino Kanban identifica un prodotto o componente con le informazioni utili per la sua gestione (fornitore, cliente, ubicazione e quantità di riordino).

La movimentazione dei cartellini è supportata dall'utilizzo di tabelloni Kanban gestiti a vista. Questo è sostanzialmente un sistema di controllo e miglioramento del flusso e delle scorte dei materiali nel processo produttivo. Il sistema permette di autoregolare il ritmo e la cadenza lungo le diverse fasi del processo produttivo al crescere o calare della domanda. Attraverso una semplice gestione a vista l'operatore è in grado di capire le quantità da produrre o da approvvigionare per i diversi prodotti gestiti a Kanban [8].

Regole basilari del sistema Kanban:

- La produzione può avvenire solo in presenza di un cartellino Kanban proveniente dal processo a valle, se non è giunto alcun segnale all'operatore o se ha raggiunto la massima quantità stabilita l'operatore deve fermarsi.
- Incrementi anomali di produzione possono essere agevolmente gestiti attraverso l'introduzione di Kanban straordinari (di colore specifico).
- Periodicamente si deve verificare se è possibile ridurre il numero complessivo di cartellini Kanban presenti nel processo produttivo: eliminando i cartellini Kanban si ridurranno immediatamente le scorte nel processo!

1.7 - Value Stream Mapping

La mappatura del flusso del valore è uno dei più importanti strumenti Lean. È il primo strumento da utilizzare in ordine di tempo, perché indica dove è più opportuno applicare gli altri ed è fondamentale per il successo dell'implementazione, perché permette di costruire un solido e comprensivo piano di azione.

Nell'introduzione al volume "Learning to See" del 2003, Jim Womack e Dan Jones sottolineano come, nella diffusione del Lean Thinking nel mondo occidentale, il percorso intrapreso non sia stato quello "classico" [9]:

- Trovare il Change Agent;
- Individuare esperti, o altri enti che abbiano già usato gli strumenti, da cui imparare;
- Creare "burning platform" (motivazione al cambiamento);

- Mappare flusso dei processi/prodotti;
- Individuare da dove partire per rimuovere sprechi e creare valore.

In realtà, presi dall' "urgenza" di eliminare sprechi, spesso il quarto passaggio (appunto la mappatura del flusso) veniva spesso saltato, invece è un passo fondamentale perché nel caso in cui venisse messo da parte si rischierebbe un'efficacia inferiore nell'implementazione degli altri strumenti, nonché una resistenza superiore da parte del personale operativo. Questo avviene quando manca una visione d'insieme e magari si riesce a portare qualche miglioramento che purtroppo rimane confinato in una singola area non riuscendo ad affrontare gli sprechi derivanti dal flusso generale.

Vantaggi del Value Stream Mapping:

- Visualizza il flusso, in cui si collocano le singole attività;
- Oltre agli sprechi, aiuta a vederne la fonte;
- Mettendo insieme concetti e tecniche, dà UNA struttura ai progetti Lean;
- Mostra il link fra flusso di materiali e flusso di informazioni;
- È uno strumento qualitativo, che descrive in dettaglio cosa si fa e cosa si dovrebbe fare.

La mappatura dello stato attuale Current State Map, CSM è molto importante per visualizzare l'intero flusso di creazione di un prodotto o servizio, non soltanto una fase o singolo processo. Determina in modo semplice e visivo come l'organizzazione opera veramente. A seguire verrà rappresentato un "future state", in cui progettare dove e come eliminare gli sprechi.

I passi operativi da seguire per la stesura della Value Stream sono:

1. Individuare gli attori principali;
2. Riportare le richieste del cliente;
3. Inserire nella mappa le informazioni di gestione del processo;
4. Calcolare il Takt Time;

5. Disegnare le icone per i collegamenti di movimentazione esterna in uscita (dal magazzino verso il cliente);
6. Riportare nell'icona Data Box del fornitore i rispettivi dati (tempi e lotti minimi di consegna, affidabilità del fornitore, lead time di approvvigionamento, numero di componenti e variabili ecc.);
7. Disegnare le icone per i collegamenti di movimentazione esterna in ingresso (dal fornitore verso l'azienda);
8. Disegnare, da sinistra verso destra, i Process Box e rispettivi Data Box di tutte le operazioni che compongono il processo di produzione;
9. Riportare nei Data Box delle singole fasi del processo i relativi parametri produttivi;
10. Disegnare il flusso informativo Information Flow;
11. Inserire le icone di flusso Push e Pull tra le varie stazioni di lavoro;
12. Disegnare la linea dei tempi timeline, sotto i Process Box e le Inventory Icon;
13. Calcolare il tempo ciclo (TC) totale di processo (tempo delle attività a valore per completare un prodotto);
14. Calcolare il tempo totale di produzione;
15. Calcolare l'indice di flusso del processo, dato dal rapporto tra il tempo ciclo ed il Lead Time di produzione;

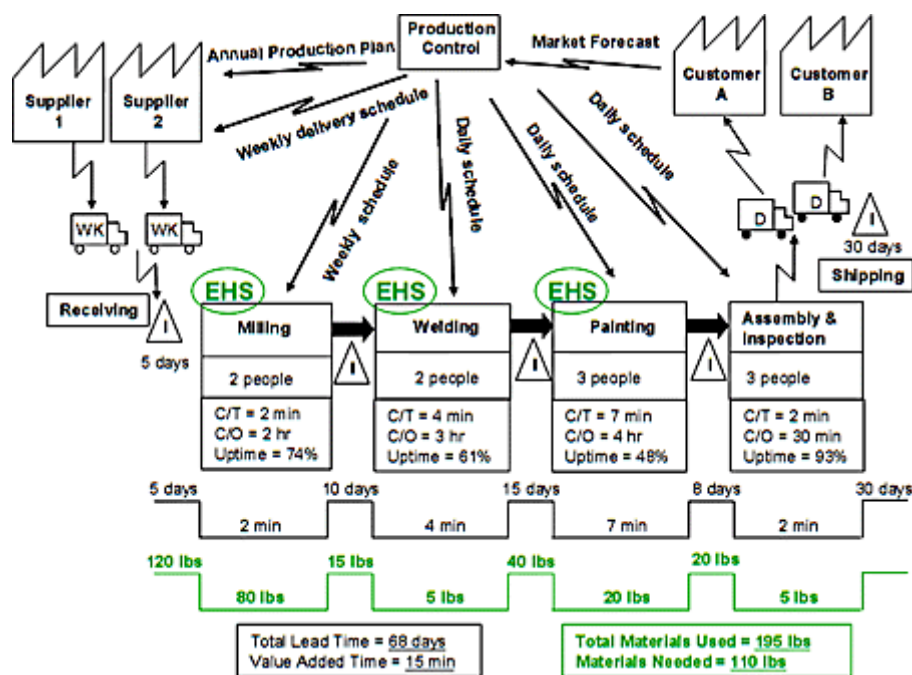


Figura 1.2 Esempio di CSM

Una volta completata la CSM (Fig. 1.2) si lavorerà con la Future State Map (FSM) il cui obiettivo è quello di rappresentare il nuovo flusso ottimizzato dei materiali e delle informazioni ottenuto eliminando, o riducendo, gli sprechi in ogni singola fase del processo.

La mappatura dello stato futuro parte dall'analisi della Current State Map dalla quale si cerca di individuare ogni imperfezione nel flusso di valore andando a modificare parametri indicativi, ai fini di ottimizzare l'affidabilità del processo. Finita l'analisi si procederà a produrre una seconda mappa, che avrà meno difetti della prima. Il fine ultimo di questo processo sarà quello di avere un flusso teso ed equilibrato che possa andare incontro alle esigenze del cliente finale con grande velocità ed efficienza senza penalizzare la produzione e il fatturato dell'azienda.

La riduzione dei tempi di attraversamento, delle scorte, dello spazio, il miglioramento della qualità, dei flussi di cassa, l'incremento della produttività e delle flessibilità ed il miglior impiego delle risorse umane sono vantaggi competitivi necessari per l'aumento della soddisfazione del proprio cliente. Riesaminare tutti i processi aziendali, dalla produzione all'amministrazione, nei loro diversi aspetti ed in tutta la loro estensione è imprescindibile se si vuole cambiare in meglio la propria azienda. Indipendentemente dal tipo di azienda e settore, la Value Stream Map è un potente alleato nell'innovare ed evolvere l'impresa. Il segreto sta nell'eseguire correttamente la mappatura adattandola ad ogni realtà e nel programmare dei controlli periodici.

Affrontare seriamente questo esercizio può significare mettere in discussione anche la cultura e l'organizzazione aziendale: insomma, iniziare davvero una *trasformazione Lean* [10].

1.8 - TPM (Total Productive Maintenance)

1.8.1 Premessa

Il TPM - Total Productive Maintenance (Manutenzione Produttiva Totale) è un approccio globale al Sistema Manutenzione che tende a massimizzare la capacità produttiva degli impianti, rispettando un corretto equilibrio fra costi di manutenzione ed efficienza globale degli impianti produttivi.

È ritenuto uno dei fondamentali dell'approccio Lean e si occupa del miglioramento continuo delle prestazioni di impianto, comprendendo obiettivi di disponibilità, regolarità di funzionamento, facile manutenibilità, ecc. Sin dalle sue origini storiche, la gestione degli asset di un'azienda secondo i principi del TPM è ritenuta un prerequisito a garanzia del buon funzionamento di altre pratiche, ad esempio il Kanban stesso, attraverso il miglioramento dell'Overall Equipment Effectiveness (OEE) degli impianti.

Il TPM è di fatto uno degli approcci principali all'interno del Toyota Production System e quindi del modello di Lean Production, puntando soprattutto alla riduzione di tutte le possibili "perdite di produzione":

Perdite per fermate (guasti, cambi produzione, riattrezzaggi, ecc.);

Perdite per velocità (rallentamenti, microfermate, ecc.);

Perdite per qualità (scarti, ecc.).

La sua implementazione diventa necessaria ed essenziale nelle aziende capital intensive ed in particolare in quelle aziende che producono su più turni produttivi con impianti che devono garantire la massima efficienza produttiva, attraverso lo sviluppo delle politiche di manutenzione preventiva e migliorativa a scapito della manutenzione correttiva/a guasto.

1.8.2 I principi guida di riferimento

I 5 principi guida su cui si basa un progetto TPM in azienda, sono:

1° principio: Monitorare e migliorare l'Efficienza Globale degli Impianti;

2° principio: Sviluppare la manutenzione autonoma (condurre correttamente gli impianti);

3° principio: Sviluppare la manutenzione preventiva (anticipare e prevenire i guasti);

4° principio: Sviluppare la manutenzione migliorativa (analizzare sistematicamente i guasti e le perdite di produzione);

5° principio: Prevenire la manutenzione (progettare gli impianti in ottica TPM).

Di seguito questi 5 principi sono brevemente descritti:

1° principio: Monitorare e migliorare l'Efficienza Globale degli Impianti

Il TPM punta al monitoraggio ed al miglioramento dell'Efficienza Globale degli Impianti (OEE = Overall Equipment Effectiveness), cioè il rapporto tra:

il tempo durante il quale l'impianto ha prodotto "pezzi buoni" considerando il "tempo ciclo" ottimale di puro valore aggiunto (tempo operativo a valore aggiunto);

il tempo durante il quale l'impianto è stato impegnato, in un modo o nell'altro, per la produzione (tempo disponibile).

Le 6 big losses nate in Toyota con il modello TPM, sono:

- Perdite per fermate:

perdite per guasti

perdite per set-up e cambi produzione

perdite per cambi e regolazioni nel processo

- Perdite di velocità:

perdite per funzionamento a vuoto e microfermate

perdite per riduzione di velocità (velocità inferiore allo standard)

- Perdite per qualità:

perdite per difetti e scarti nel processo

In sostanza l'OEE è un indicatore globale in quanto è il prodotto di 3 fattori:

$OEE = \text{disponibilità} \times \text{efficienza} \times \text{rendimento qualitativo}$

2° principio: Sviluppare la manutenzione autonoma

Uno dei pilastri del TPM è costituito dalla manutenzione autonoma.

La manutenzione autonoma punta al coinvolgimento del personale di produzione nelle attività di pulizia, ispezione, manutenzione e di corretta conduzione degli impianti, al fine di evitare i guasti ed i malfunzionamenti.

L'obiettivo della manutenzione autonoma è quello di mantenere l'impianto nelle sue condizioni ottimali di funzionamento per ridurre le cause di guasto ed evitare il deterioramento accelerato dei componenti.

L'introduzione della manutenzione autonoma comporta inoltre una revisione del ruolo del Servizio Manutenzione che, alleggerito dai compiti di manutenzione di base ed operativa, può dedicarsi maggiormente ad interventi di tipo più specialistico.

La realizzazione della manutenzione autonoma si articola in 7 passi in logica sequenziale secondo lo schema riportato in Fig. 1.3:

Livello	Passo		Obiettivi
1	1. Pulizia iniziale e ispezione	1.1 Pulizia iniziale della macchina e cartellinatura	• Scoprire le anomalie • Trovare le fonti di sporco • Capire il vero significato della pulizia "Pulizia è ispezione"
		1.2 Attivazione della cartellinatura continua (con monitoraggio)	
		1.3 Pulizie successive	
	2. Eliminare le fonti di sporco e le aree difficili da pulire	2.1 Segnalazione delle fonti di sporco e delle aree difficili da pulire con cartellini	• Eliminare le fonti di contaminazione • Migliorare le aree inaccessibili per pulizia e ispezione
		2.2 Eliminazione delle fonti di sporco e delle aree difficili da pulire	
		2.3 Monitoraggio dei problemi trovati/risolti	
2	3. Creazione e mantenimento degli standard di pulizia e lubrificazione	3.1 Creazione e mantenimento dello standard di pulizia	• Garantire il mantenimento delle condizioni di base della macchina
		3.2 Studio del sistema di lubrificazione	
		3.3 Semplificazione delle operazioni di lubrificazione	
		3.4 Creazione e mantenimento dello standard di lubrificazione	
	4. Ispezione generale	4.1 Studio della macchina da parte dei leader	• Garantire il mantenimento delle condizioni di base e delle condizioni ottimali della macchina
		4.2 Addestramento degli operatori	
3	5. Ispezione autonoma	4.3 Applicazione di quanto imparato sulla macchina ed evidenziazione dei problemi	
		4.4 Promozione del controllo visivo	
		5.1 Integrazione degli standard di pulizia e lubrificazione con gli standard di ispezione generale	• Garantire il mantenimento delle condizioni di base e delle condizioni ottimali della macchina migliorando gli standard
	6. Standardizzazione	5.2 Preparazione dei fogli di controllo per l'ispezione autonoma	
		5.3 Miglioramento del controllo visivo e dell'operabilità	
		6.1 Standardizzazione dei controlli e sistematizzazione della gestione della manutenzione	• Miglioramento continuo degli standard • Miglioramento di affidabilità, manutenibilità, operabilità delle macchine
4	7. Programma di Manutenzione Autonoma totalmente implementato (Gestione Autonoma)		

Figura 1.3 I 7 passi della manutenzione autonoma

3° principio: Sviluppare la manutenzione preventiva

Uno dei pilastri del TPM è proprio il potenziamento delle politiche di manutenzione preventiva.

Infatti una volta eliminati alcuni interventi "a basso valore aggiunto" da parte della struttura Manutentiva, come conseguenza dell'avvio della manutenzione autonoma, diventa

importante focalizzare le risorse specializzate presenti nell'area Manutenzione in interventi di manutenzione preventiva realizzati anche attraverso l'utilizzo di sistemi diagnostici.

Attraverso gli interventi di manutenzione preventiva si potrà anticipare e prevenire l'insorgere dei guasti, evitando pesanti fermate alla produzione.

4° principio: Sviluppare la manutenzione migliorativa

Nel TPM è fondamentale avviare un processo di costante analisi dei guasti e delle perdite di produzione al fine di individuare le modifiche tecniche e le migliorie da apportare agli impianti.

Tali interventi, oltre che migliorare l'affidabilità degli impianti saranno anche finalizzati a migliorare le prestazioni, l'efficienza e la sicurezza d'uso, nonché la loro manutenibilità, contribuendo al miglioramento dell'OEE ed alla riduzione dei costi totali di produzione.

5° principio: Prevenire la manutenzione

Ultimo in ordine di implementazione, ma forse primo in ordine di importanza è il principio di "prevenzione della manutenzione" attraverso una progettazione degli impianti in ottica TPM.

Questo principio comporta la corretta scelta, progettazione e messa in funzione degli impianti in modo da evitare il più possibile i costi di manutenzione nel loro ciclo di vita.

Questo è uno dei punti più difficili da implementare in quanto richiede uno sforzo a monte da parte di tutte le funzioni coinvolte nella scelta e successivo utilizzo degli impianti produttivi.

1.8.3 Conclusioni

Le aziende industriali in questi anni hanno sicuramente trascurato il loro Sistema Manutenzione, senza considerare che i risparmi in attività manutenzione degli impianti si traducono tutti, prima o poi, in maggiori perdite di produzioni e quindi maggiori costi.

Se vogliamo veramente ridurre i costi di produzione dobbiamo ritornare a ripensare le nostre politiche di manutenzione, sviluppando le attività di manutenzione autonoma, preventiva e migliorativa a scapito della ormai troppo frequente manutenzione a guasto [11].

1.9 - Struttura e tempistiche di un progetto Lean

I tempi per l'ottenimento dei risultati sono variabili e dipendono in larga parte dalle condizioni e dall'impegno dell'Azienda. Si ottengono generalmente in pochi mesi se si affrontano alcuni progetti pilota; l'estensione dei risultati a tutta l'Azienda richiede invece una visione a lungo termine (2 – 3 anni).

Si parte definendo i flussi dell'azienda, costruendo quindi una mappa dalla quale poi verranno identificati i vari MUDA (sprechi) da eliminare o comunque ridurre. Le varie ipotesi sono inserite in una nuova mappa dei flussi dalla quale poi emergerà il nuovo layout.

L'implementazione di sistemi di Lean Production e Lean Development consente di realizzare un progetto pilota grazie al quale valutare la portata di un intervento Lean più esteso. Questo risultato è ottenibile già in 3-6 mesi, e porta l'azienda ad un primo, fondamentale cambio di mentalità.

La successiva estensione del metodo a tutta la catena del valore (e/o ad altri processi paralleli) richiede l'implementazione di sistemi di Lean Design e Lean Supply Chain Management, oltre al consolidamento del Lean Development e della Lean Production già impostati nella fase precedente. Questa fase, che normalmente si compie entro il primo anno dalla partenza della "rivoluzione Lean", è caratterizzata dalla nuova capacità dell'Azienda di gestire il cambiamento.

In altri 12 mesi è possibile affinare ulteriormente le competenze Lean dell'Azienda, rendendo il cambiamento parte integrante della filosofia e delle pratiche operative. Questa fase, centrata sullo sviluppo dell'innovazione (di prodotto e di servizio) è normalmente centrata sul Lean Design, sulla Qualità del processo, e sullo sviluppo di temi strategici (Marketing) e di supporto (Lean Accounting) [12].

Possono essere definite 3 macro fasi di un progetto Lean: si parte dalla produzione quindi una interna che riguarda magazzino, semilavorati e prodotto finito, una esterna nella quale si estendono le logiche implementate internamente a tutta la Supply Chain e una terza di ottimizzazione dei fornitori.

Quando il cambiamento passa da “processo” a vera e propria “strategia operativa”, l’Azienda è ormai lanciata nella fase del Miglioramento Continuo (Kaizen): la crescita è divenuta strutturale, e l’applicazione dei metodi e degli strumenti Lean è profondamente cablata nella logica e nelle pratiche operative.

1.10 - Approccio Kaizen

Il Kaizen, unione di due termini giapponesi KAI (cambiamento, miglioramento) e ZEN (migliore) significa cambiare in meglio. Questo miglioramento continuo è la fase finale e fondamentale di un progetto Lean.

Ma è anche un modo di operare che su alcuni aspetti si differenzia dal classico approccio Lean.

Secondo la visione Kaizen si parte dal cliente, l’obiettivo principale è aumentare la forza competitiva di un’organizzazione quindi capire a fondo qual è il valore per il cliente e costruire un modello produttivo che sappia raggiungere questo obiettivo con il minor numero di risorse impiegate. Le risorse che non è possibile convertire in valore sono i MUDA. In base a queste valutazioni si sceglie da dove partire.

Si va ad incrementare il valore per il cliente lavorando sui MUDA e creando servizi nuovi per il cliente o aumentando la flessibilità, la qualità, cioè migliorando degli aspetti aziendali e quindi i risultati.

Il cambiamento culturale rimane un aspetto centrale, si vanno a modificare i comportamenti ripetitivi creando nuove routine che sono più funzionali.

Per quanto riguarda la digitalizzazione il concetto è molto simile a quello Lean tradizionale ovvero si evita di digitalizzare i MUDA andando a ridurre la complessità dei contesti.

Per quanto riguarda la logistica si lavora sui fornitori con dei cantieri al fine di migliorare le loro performance per ridurre tempi e costi mentre la consegna finale è avvantaggiata grazie ai servizi ideati per il clienti di cui si è parlato in precedenza.

1.11 - Storie Kaizen, velocità di risposta al mercato con 2800 codici prodotto finito

1.11.1 – Profilo del cliente

La Carpigiani di Anzola Emilia (Bologna) ha alle spalle una gloriosa storia industriale: nata nel 1946 rappresenta l'eccellenza delle macchine per la produzione di gelato artigianale. Carpigiani ha 11 Famiglie di prodotto, 300 modelli e oltre 2.000 versioni ed è oggi una grande realtà internazionale che comprende 10 Filiali Commerciali e 220 Distributori.

1.11.2 – Progetto

Nel 2013 è iniziato il percorso KAIZEN™ di Carpigiani all'insegna del Kintsugi volto a ricomporre il modello organizzativo aziendale rendendolo più adatto alle sfide del presente e del futuro. Sono due le sfide che l'azienda ha voluto lanciare: da una parte la revisione dell'organizzazione delle fasi di produzione secondo il concetto di "canale di flusso" e dall'altra il miglioramento dell'integrazione fra il reparto produzione e le aree commerciale e logistica anche grazie all'istituzione di un "Syncro Corner"

1.11.3 – Approccio

- Uso del modello supermarket di canale in testa alle linee per riorganizzare le scorte
- Integrazione di due fornitori strategici nel KANBAN/junjo
- Riorganizzazione ed unificazione delle linee di produzione sotto la gestione di un team leader che ha assunto la responsabilità di tutto il processo
- Internalizzazione della fase di lavaggio dei macchinari che in precedenza veniva affidata ad una ditta esterna
- Introduzione del Daily KAIZEN™ che ogni giorno vede riunito il team di miglioramento guidato dai team leader e del weekly KAIZEN™ che riunisce settimanalmente i responsabili dei acquisti, della pianificazione, dell'ufficio tecnico, della qualità e di tutti i canali di produzione

- Introduzione del Syncro corner, ovvero di un altro spazio dove avviene l'allineamento delle diverse figure per coordinare al meglio il meccanismo che fa sì che gli ordini vengano evasi nel minor tempo possibile
- Creazione della Carpigiani Factory School, uno spazio dove alcuni dipendenti adeguatamente formati possono a loro volta fornire formazione qualificata ai propri colleghi [13]

1.11.4 – Risultati principali

- Dimezzamento tempo che trascorreva dalla data dell'ordine alla consegna del prodotto, e ad oggi i tempi di risposta si sono nettamente ridotti grazie alla revisione delle linee di produzione
- Riduzione delle scorte in giacenza
- Riduzione di accumuli ed ingorghi
- Riduzione tempo evasione ordini

1.12 – Storie kaizen, obiettivo Zero Incidenti partendo da una qualità bassa e una produzione in ritardo

1.12.1 - Profilo del cliente

La brasiliana Zen SA è tra i principali produttori di pezzi di ricambio sul mercato globale ed è presente nel settore automotive fin dal 1960. L'azienda è leader mondiale per la produzione di starter drivers e tra i principali produttori di pulegge per alternatori, tenditori e altri prodotti per il settore elettrico. Con più di 1000 persone, è un modello nazionale per quanto riguarda l'implementazione della filosofia KAIZEN™ e mantiene alti standard qualitativi certificati ISO 9001, IATF 16949 e ISO 14001. Con una visione orientata al mercato, l'azienda investe il 5% del fatturato annuo in ricerca e sviluppo. Infatti, detiene un elevato numero di brevetti ed è stata premiata come una delle aziende più innovative del Brasile ricevendo lo Stemmer Innovation Award.

1.12.2 – Progetto

Il programma di miglioramento di Zen inizia nel 2013 partendo da una situazione caratterizzata da scarsa qualità, bassa soddisfazione dei dipendenti, 48 incidenti gravi sul lavoro, più di 80 giorni di Lead Time e un 5% del fatturato annuo dedicato a coprire i costi della bassa qualità. Il progetto è stato caratterizzato da tre fasi diversi e aveva come obiettivo principale diventare un'azienda Lean al fine di raggiungere l'eccellenza nella qualità. La trasformazione doveva avvenire tenendo conto del fattore umano, sviluppando un sistema meritocratico e coinvolgendo tutto il management.

1.12.3 – Approccio

La prima fase del programma è stata dedicata alla formazione delle persone e all'implementazione di miglioramenti a breve-medio termine. In questa fase, durata 2 anni, ci si è focalizzati in particolar modo nella riduzione delle instabilità di processo principalmente legate ai guasti delle macchine, problemi di qualità, stock eccessivi ed inefficienze. Per apportare i primi miglioramenti si è fatto ricorso a strumenti come il Value Stream Mapping, Standard Work, OEE, Andon, sistema KANBAN, TPM e Jidoka. In questa fase sono state formate 134 persone che sono diventate "Lean Agent" e sono stati implementati 191 miglioramenti. Per raggiungere l'obiettivo "Zero Difetti" è stato diffuso un nuovo mindset e nuove metodologie che permettono di identificare e risolvere i problemi agendo alla radice.

Nella seconda fase è invece iniziata la trasformazione dell'azienda ponendosi come obiettivo il raggiungimento dell'Operational Excellence. In quest'ottica sono stati introdotti un sistema FIFO (First In First Out) per la gestione del flusso dei materiali e il sistema KANBAN. È stato creato un team "Help Chain" con una persona responsabile di un'area di competenza e delle riunioni giornaliere per evidenziare i risultati e gli eventuali problemi riscontrati. Nel 2018, alla fine di questa fase, è stato finalmente raggiunto l'obiettivo Zero Incidenti.

La terza fase è stata invece caratterizzata dal progetto Zen Manufacturing System (SMZ) in cui sono stati consolidati gli standard creati nelle fasi 1 e 2 e sono stati raccolti in una guida distribuita a tutti i dipendenti. Per coinvolgere le persone in questa nuova cultura aziendale è

stato implementato un sistema di Gamification e riconoscimenti grazie all'utilizzo di badge-premio da conquistare. Il SMZ è formato da 7 pilastri, ognuno dei quali con un numero di standard da seguire. I pilastri sono divisi in 40 standard e ogni cella di produzione può ottenere una certificazione per ogni pilastro dopo aver superato un processo di audit. Dopo il superamento dell'audit, il Team Leader e gli operatori ricevono un badge del Pilastro superato da parte del Direttore Operativo. Inoltre, è stata sviluppata anche un'app per tutti gli operatori in cui inviare spunti di miglioramento, ripassare gli standard in uso, consultare i valori aziendali ed esprimere il proprio grado di soddisfazione su questioni riguardanti il proprio reparto.

La rottura delle barriere tra i diversi dipartimenti e livelli è stata indispensabile per raggiungere un allineamento globale dell'organizzazione al fine di essere più veloci e raggiungere la soddisfazione dei clienti. Si è trattato di un vero e proprio cambio culturale che ha coinvolto ogni persona nel sistema di Miglioramento Continuo [14].

1.12.4 – Risultati principali

- -50% Lead Time
- Zero Difetti
- 191 progetti di miglioramento implementati
- +30% produttività
- Trasformazione cultura aziendale

CAPITOLO 2 - DIGITALISATION

Il mix tecnologico di automazione, informazione, connessione e programmazione stanno portando a un cambio dei paradigmi tecnologici e culturali che, coinvolgendo il sistema manifatturiero in tutte le sue forme, introduce nuovi concept di sviluppo e di servizio all'insegna di una digital trasformation sempre più rapida ed in continua evoluzione.

La digital transformation cambia nel profondo la concezione che ha il lavoratore rispetto alla sua mansione e alle modalità con cui l'azienda gestisce tutti i processi produttivi. Inserire nuove tecnologie ed evolvere l'intera cultura aziendale, permette all'impresa di essere più agile e competitiva nel mercato attuale.

Un processo di digital transformation comprende, infatti, l'integrazione e la comunicazione tra le diverse aree di business per assicurare il successo nel tempo all'azienda e, in questo contesto, il ruolo della Supply Chain è davvero ambizioso: costruire un nuovo supply network più efficiente e flessibile, grazie alla adozione delle nuove tecnologie e all'inserimento in azienda di personale con capacità e competenze specifiche.

Sfruttare la Digital Supply Chain significa ottenere tutti i vantaggi possibili in termini di flessibilità, efficienza e riduzione dei costi, dando forma ad una visione e ad una strategia digitale che permette all'azienda di restare competitiva nel lungo periodo.

Non si può oggi parlare di Digital Supply Chain senza collegarsi al tema più ampio dello sviluppo dell'Industria 4.0, che ha migliorato l'efficienza e la comunicazione nella filiera produttiva. Questa tendenza dell'automazione industriale che integra diverse nuove tecnologie in particolari digitali per migliorare le condizioni di lavoro, aumentare la produttività e la qualità produttiva dei sistemi di produzione richiama il concetto di industria 4.0. Nell'ambito di quest'ultima le nuove tecnologie digitali avranno un impatto profondo nell'ambito di quattro direttrici di sviluppo.

1. *Utilizzo dei dati*: aumento della potenza di calcolo e della connettività (big data, open data, IoT, cloud) per la centralizzazione e la conservazione delle informazioni;
2. *Analytics*: ricavare valore dall'enorme serbatoio di dati che stiamo costruendo;
3. *Interazione uomo macchina*: con nuove forme di controllo come l'interfaccia a realtà aumentata;

4. *Passare dal digitale al reale*: stampa 3D, robotica, comunicazioni sempre più efficienti, interazione machine to machine, nuove tecnologie di immagazzinamento e gestione dell'energia razionalizzando i costi e ottimizzando le prestazioni.

2.1 - Big Data

La capacità di raccogliere ed elaborare grandi quantità di dati è stata uno dei fattori scatenanti per lo sviluppo dell'Industria 4.0.

Non esiste una definizione univoca di Big Data, ne esistono molte in relazione ai settori di riferimento, agli applicativi e ai database utilizzati. Il termine Big Data si riferisce:

- all'insieme delle informazioni relative al sistema azienda, ovvero ad un patrimonio di dati talmente grande da rendere necessario l'utilizzo di adeguate tecnologie e strumenti per poterlo sfruttare;
- ad una raccolta di dati così estesa in termini di volume, velocità e varietà da richiedere tecnologie e metodi analitici specifici per l'estrazione di valore.

Si parla quindi di Big Data quando si è di fronte ad un insieme grande e complesso di dati. La grandezza cui si fa riferimento è dinamica, poiché le macchine sono sempre più veloci e i dataset hanno dimensioni sempre maggiori. Ciò, grazie anche alla riduzione dei costi, ha permesso alle società, anche alle più piccole di acquistare tali prodotti e utilizzarli per raccogliere determinati dati.

Secondo uno studio del 2001, l'analista Doug Laney aveva definito il modello di crescita in base alle variabili volume, varietà e velocità. Col passare del tempo sono stati presi in considerazione anche la veridicità, il valore e la variabilità.

Il termine "Big Data Analytics" fa invece riferimento alle nuove modalità di analisi ed elaborazione dei dati ovvero ad un sistema evoluto di elaborazione di grandi moli di dati con tecnologie di calcolo ad elevate prestazioni (HPC – High Performance Computing). I concetti di Big Data e Analytics esistono da tempo, ma l'analisi dei dati è ancora poco sfruttata rispetto al suo reale potenziale.

Man mano che le imprese impareranno a ottimizzare flussi, processi e applicazioni in funzione delle esigenze del proprio business e, soprattutto, dei propri clienti, si apriranno nuovi scenari di mercato.

L'approccio "data driven" inteso come analisi delle informazioni per rilevare e avvalorare le assunzioni del business entrerà sempre di più nelle strategie commerciali e aziendali. Con l'aiuto dei sensori, i dati vengono trasmessi e raccolti in tempo reale e archiviati nell'apposito database. Questi database devono essere, quindi, ben strutturati e sicuri per consentire un uso costruttivo dei dati.

I Big Data coprono ogni aspetto dell'attività dell'azienda: dal servizio di relazione con il cliente al rilevamento delle frodi, i dati vengono raccolti e utilizzati per ottimizzare continuamente il processo al fine di creare valore.

Secondo un'analisi di McKinsey, sfruttare appieno i dati e le analisi richiede tre capacità [15]: in primo luogo, le aziende devono essere in grado di identificare, unire e gestire più fonti di dati. In secondo luogo, hanno bisogno della capacità di costruire modelli avanzati di analisi per la previsione e l'ottimizzazione dei risultati. Terzo, e di fondamentale importanza, il management deve saper creare una strategia chiara per sfruttare i dati, in modo che questi effettivamente portino a decisioni. Così aziende, prodotti e clienti sono sempre più connessi e informati [16].

Il valore viene creato in ogni parte dell'azienda da cui provengono i dati raccolti, ma il valore più grande viene creato con l'interazione tra tutte per ottimizzare e migliorare il sistema nel suo complesso.

I metodi predittivi avanzati possono aiutare a migliorare i modelli usuali all'interno del processo di produzione così come la comunicazione con fornitori e clienti.

2.2 – IoT

Il termine Internet of Things (IoT) o Internet delle cose, coniato dal britannico Kevin Ashton nel 1999, indica una rete di comunicazione che collega le "cose" con capacità di individuazione, rilevamento ed elaborazione. Ogni oggetto connesso ha la sua identità virtuale e la capacità di interagire all'interno della rete con qualsiasi altro elemento della stessa. Attraverso chip e sensori inseriti al loro interno, gli oggetti sono in grado di interagire

tra loro e con la realtà circostante. In questo modo il mondo fisico può essere monitorato e in molti casi virtualizzato.

In senso generale 'Internet delle cose' è l'interconnessione di oggetti con applicativi software, sensori, attuatori e rete, che consente di collezionare e scambiare dati. Il tutto è reso possibile dalla miniaturizzazione delle tecnologie di sensing e dal perfezionamento delle comunicazioni attraverso reti wireless pervasive e ad alta capacità. 'Internet delle Cose' può essere considerata "una famiglia di tecnologie" il cui scopo è rendere qualunque tipo di oggetto, anche senza una vocazione digitale, un dispositivo collegato ad Internet, in grado di godere di tutte le caratteristiche che hanno gli oggetti nati per utilizzare la rete.

Le proprietà degli oggetti connessi sono essenzialmente due: il monitoraggio e il controllo.

Monitoraggio vuol dire che l'oggetto può comportarsi come sensore, ovvero essere in grado di produrre informazioni su di sé o sull'ambiente circostante (ad esempio: un lampione IoT può segnalare se la propria lampada è funzionante oppure no, e analizzare il livello di inquinamento dell'aria).

Controllo vuol dire che gli oggetti possono essere comandati a distanza attraverso Internet.

Contestualizzata nel mondo di Industria 4.0, la tecnologia IoT rientra nelle scelte strategiche aziendali e permette:

- la continua interazione tra macchine, prodotti e persone, rendendo possibile il processo circolare di produzione, analisi dei dati e riconfigurazione dei processi, nell'ottica "zero-defect" e di riduzione dei tempi operativi;
- di ottenere informazioni circa le modalità di utilizzo dei prodotti da parte dei clienti e il loro stato di usura;
- di prendere decisioni più tempestive e valide in quanto suffragate da un'ampia gamma di dati e informazioni.

L'Internet delle cose' consente di generare reti che incorporano l'intero processo produttivo e convertono le fabbriche in un ambiente intelligente in cui persone, macchine e risorse comunicano tra loro nel modo più naturale. Con l'IoT i prodotti 'intelligenti' diventano identificabili e localizzabili in ogni momento, sanno come sono costruiti e come potranno essere utilizzati e sono in grado di riconoscere i segni di usura durante il loro ciclo di vita.

Tutte queste informazioni possono essere collegate tra loro al fine di ottimizzare la fabbrica intelligente anche in termini di logistica, distribuzione e manutenzione.

Secondo McKinsey [17] la capacità di comunicare da un sistema all'altro è richiesta mediamente nel 40% dei casi e, in alcune particolari condizioni, addirittura 60 volte su cento.

L'IoT dà valore al "dato". Harbor Research [18] ha identificato cinque dimensioni che le aziende dovrebbero considerare prima di applicare le tecnologie IoT:

- *dimensione tecnologica*: contesto prettamente ingegneristico dell'ambiente dell'Internet of Things, dai sistemi applicativi alle infrastrutture di rete, dai device ai sensori;
- *dimensione di mercato*: identificazione degli attori coinvolti nell'ambiente dell'IoT;
- *dimensione di business*: fonti di revenue e tipologie di canali di distribuzione prodotto o servizio;
- *dimensione dell'utilizzatore del prodotto o servizio*: le tecnologie IoT sono pensate soprattutto per le persone e devono essere in grado di interagire con esse in modo funzionale e corretto;
- *dimensione del "mondo fisico"*: la capacità di "lettura" del mondo reale è la base fondamentale dell'Internet delle Cose.

Internet delle cose rappresenta uno tra i contesti tecnologici più innovativi ed anche le stime più conservative prevedono tassi di crescita annui a doppia cifra. Si stima che entro il 2025 il numero di dispositivi smart nel mondo supererà i 50 miliardi.

Un fattore chiave sarà l'efficienza dei protocolli di comunicazione e la disponibilità di soluzioni per un opportuno livello di sicurezza e riservatezza delle informazioni [19].

2.2.1 - Il tracciamento costante

Supply Chain e IoT insieme garantiscono un monitoraggio migliore nella capacità di rilevazione, soprattutto tramite sensori che utilizzano classici tag a radiofrequenza o RFID, di tutte le merci in transito lungo la filiera. Dal loro ingresso nello stabilimento, ad esempio, dentro un pallet, al disimballo con tecniche di picking fino al confezionamento (packing) in vista dell'uscita alla volta dei canali commerciali, ogni spostamento è rigorosamente tracciato

così da evitare perdite di materiale o inefficienze. Il tracciamento degli oggetti, diventati smart objects in virtù dell'IoT, non si conclude all'interno delle mura del sito produttivo, ma prosegue anche dopo, durante il viaggio verso la destinazione finale grazie all'utilizzo di Sim dati M2M (Machine to Machine) che sfruttano la rete wireless. Ne deriva una semplificazione degli inventari di magazzino, nonché delle fasi di carico e scarico, trasporto e consegna. Ma questi descritti non sono gli unici vantaggi che si ottengono monitorando la Supply Chain con un'architettura IoT.

Tutti i dati provenienti dalla catena, oltre a essere sistematicamente monitorati, vengono inseriti in piattaforme che permettono di controllare automaticamente performance ed eventuali criticità che dovessero intervenire durante il flusso della movimentazione. In tal modo, ad esempio, evitare fenomeni di stock out non è affidato all'acume dell'addetto alla logistica o a un'osservazione fatta sul posto, ma discende dall'attivazione di alert specifici che segnalano il calo di disponibilità in magazzino. Allo stesso tempo si limitano gli sprechi dovuti alla sovrapproduzione poiché l'utilizzo di questo sistema aiuta la logica pull (tirata dal cliente) grazie ad una maggior prontezza nella previsione della domanda. Così come il calcolo degli approvvigionamenti, invece di dover essere svolto manualmente, può avvalersi dello storico da cui ricavare immediatamente un'analisi del fabbisogno di componenti e materiali sulla base del ciclo produttivo. Addirittura, applicando intelligenza artificiale e algoritmi di machine learning all'insieme dei dati provenienti dai dispositivi IoT è possibile attuare una Predictive Supply Chain, in grado cioè di anticipare tutti gli eventi rilevanti che interessano la catena logistica e di approvvigionamento.

2.3 - Machine Learning

Quando si parla di Machine Learning si parla di differenti meccanismi che permettono a una macchina intelligente di migliorare le proprie capacità e prestazioni nel tempo.

La macchina, quindi, sarà in grado di imparare a svolgere determinati compiti migliorando, tramite l'esperienza, le proprie capacità, le proprie risposte e funzioni. Alla base dell'apprendimento automatico ci sono una serie di differenti algoritmi che, partendo da nozioni primitive, sapranno prendere una specifica decisione piuttosto che un'altra o effettuare azioni apprese nel tempo.

Il Machine Learning è un metodo di analisi dati che automatizza la costruzione di modelli analitici. È una branca dell'Intelligenza Artificiale e si basa sull'idea che i sistemi possono imparare dai dati, identificare modelli autonomamente e prendere decisioni con un intervento umano ridotto al minimo. L'aspetto più importante del Machine Learning è la ripetitività, perché più i modelli sono esposti ai dati, più sono in grado di adattarsi in modo autonomo. I computer imparano da elaborazioni precedenti per produrre risultati e prendere decisioni che siano affidabili e replicabili.

Le attività legate alla Supply Chain producono per loro natura volumi elevati di dati relativi ai giri di consegna, allo stoccaggio delle merci o alla preparazione degli ordini. Grazie all'intelligenza artificiale, queste informazioni possono essere utilizzate in modo predittivo per ottimizzare la catena logistica.

A seconda dei calcoli che eseguono e della natura del compito che devono risolvere, esistono diversi tipi di algoritmi di apprendimento:

- *Apprendimento supervisionato*: è il tipo più diffuso di apprendimento automatico. Questi algoritmi funzionano generando un'ipotesi induttiva. Ad esempio: se vogliamo che una macchina sappia distinguere e classificare immagini che raffigurano due oggetti, il programmatore del sistema indicherà in quali foto appare un oggetto o l'altro. Dopo aver analizzato migliaia di foto, l'algoritmo imparerà a differenziare le due immagini.
- *Apprendimento senza supervisione*: questo tipo di algoritmo di apprendimento automatico i dati di input o output non sono etichettati. È il sistema stesso che deve analizzare l'intero set di informazioni ed estrarre i modelli autonomamente.
- *Apprendimento con rinforzo (o reinforcement learning)*: si colloca a metà tra i due tipi di apprendimento visti in precedenza. Il machine learning RL, come viene chiamata, prevede che l'algoritmo impari provando. In questo modo l'agente regolerà le sue azioni in modo dinamico in base al feedback che riceve dal mondo esterno.

Legato a doppio filo al Machine Learning troviamo il concetto di Deep Learning. Questo è una branca dell'apprendimento e presenta ed è caratterizzato da algoritmi più avanzati e in grado

di risolvere funzioni più complesse. È un modello che utilizza reti neurali per l'elaborazione di dati strutturati con milioni di parametri [21].

2.3.1- ML e previsione della domanda

Nella distribuzione, gli algoritmi di Machine Learning offrono funzionalità di previsione ineguagliabili per stimare l'evoluzione dell'attività. Essi consentono di valutare l'effetto combinato di una molteplicità di fattori interni o esterni alla domanda, considerando nel contempo le specificità di ciascun settore.

Il Machine Learning si basa in particolare sui dati trasmessi ai venditori dai partner della distribuzione ed è usato per rilevare criteri che hanno un impatto sulla domanda. Grazie a queste conoscenze, il distributore può controllare accuratamente le scorte e i flussi di merci per poter mettere in vendita i prodotti giusti al momento giusto e, cosa ancora più importante, in quantità sufficienti e sui canali adatti. Inoltre sarà in grado di modificare le risorse (come ad esempio il numero degli operatori) a seconda delle necessità.

2.3.2 - ML e processo decisionale

Sul fronte magazzino la preparazione degli ordini è subordinata a picchi di carico consistenti. Nello sforzo continuo di ridurre le risorse interne in un'ottica di ottimizzazione dei costi, i team manager sono costretti ad affidarsi a lavoratori interinali nelle stagioni in cui i consumi aumentano. Per aiutare i nuovi arrivati a prendere le giuste decisioni e diventare operativi in breve tempo, o per migliorare col tempo le scelte degli altri, i manager possono implementare soluzioni di intelligenza artificiale e di Machine Learning.

Facciamo l'esempio di un operatore incaricato di impilare i colli sui pallet. Analizzando le dimensioni degli imballi, l'algoritmo può indicare all'operatore il modo migliore per posizionarli sul pallet (coricati, sul fianco, in verticale, ecc.) in modo da ottimizzare il carico e ridurre il numero di pallet da spedire.

All'altro capo della catena, queste decisioni hanno un impatto notevole sui costi di trasporto e sulla soddisfazione dei clienti, che potranno così ricevere i loro colli senza attendere il giro di consegne successivo. Inoltre, l'ottimizzazione del circuito di prelievo delle merci consente ai preparatori di evitare giri inutili e di accrescere l'efficienza e la rapidità.

2.3.3 - ML e visibilità totale

Per ottenere una visibilità end-to-end su tutte le attività della Supply Chain, è indispensabile implementare un monitoraggio in tempo reale. Abbinata all'installazione di sensori IoT e all'utilizzo delle analisi avanzate ricavate dal Machine Learning, l'implementazione di una piattaforma digitale con dati accessibili in tempo reale permetterà quindi di ottenere analisi complete come ad esempio la possibilità di verificare l'efficienza di un impianto.

2.3.4 – ML, Riconoscimento dei movimenti spaziali e dei comandi vocali

Il software utilizza diversi tipi di Machine Learning per creare modelli capaci di replicare il funzionamento dei sensi umani. I sistemi di visione artificiale, la navigazione intelligente o il riconoscimento vocale utilizzano l'apprendimento automatico per perfezionare il loro grado di precisione.

L'apprendimento automatico fa parte di sistemi implementati nei magazzini automatici. Ad esempio, i robot mobili sono in grado di rilevare ostacoli sulla strada e reagire autonomamente. Un'altra applicazione perfezionabile grazie all'apprendimento automatico è il picking vocale, in quanto il dispositivo riconoscerà meglio i comandi vocali dell'operatore [22].

2.4 - Blockchain

La Blockchain è una tecnologia che si basa su un registro strutturato come una catena di blocchi contenenti le transazioni e la cui validazione è affidata a un meccanismo di consenso, i nodi della rete concordano sullo stesso stato di una blockchain, creando in questo modo una sorta di ecosistema di autocontrollo. Questo è un aspetto assolutamente cruciale della tecnologia, distribuito su tutti i nodi della rete.

Le principali caratteristiche delle tecnologie Blockchain sono l'immutabilità del registro, la trasparenza, tracciabilità delle transazioni e la sicurezza basata su tecniche crittografiche.

La Blockchain è basata su una Rete e, dal punto di vista delle funzionalità, permette di gestire un database in modo distribuito. Dal punto di vista operativo è una alternativa agli archivi centralizzati e permette di gestire l'aggiornamento dei dati con la collaborazione dei partecipanti alla Rete e con la possibilità di avere dati condivisi, accessibili, distribuiti presso tutti i partecipanti. Di fatto, bisogna ripeterlo, permette una gestione dei dati in termini di verifica e di autorizzazione senza che sia necessaria una autorità centrale.

Blockchain è una delle tecnologie innovative chiave che rivoluzionano la gestione della Supply Chain digitale. Man mano che le catene di approvvigionamento diventano più complesse in natura, coinvolgono diversi stakeholder e si affidano principalmente a una serie di intermediari esterni, la Blockchain è emersa come un forte contendente per districare tutti gli scambi di dati, documenti e comunicazioni che avvengono all'interno dell'ecosistema della catena di approvvigionamento.

Grazie alla Blockchain le aziende coinvolte in una specifica Supply Chain possono disporre di un database digitale dove vengono aggiornate in tempo reale transazioni e movimenti delle merci da parte di ogni singolo operatore della filiera. Una delle connotazioni di base dell'Industria 4.0 è infatti la connettività interattiva tra aziende, clienti, fornitori, centri di ricerca e università, finalizzata alla creazione di reti di valore (Fig. 2.1). La semplicità dello strumento non deve però sminuire le sue potenzialità [23].

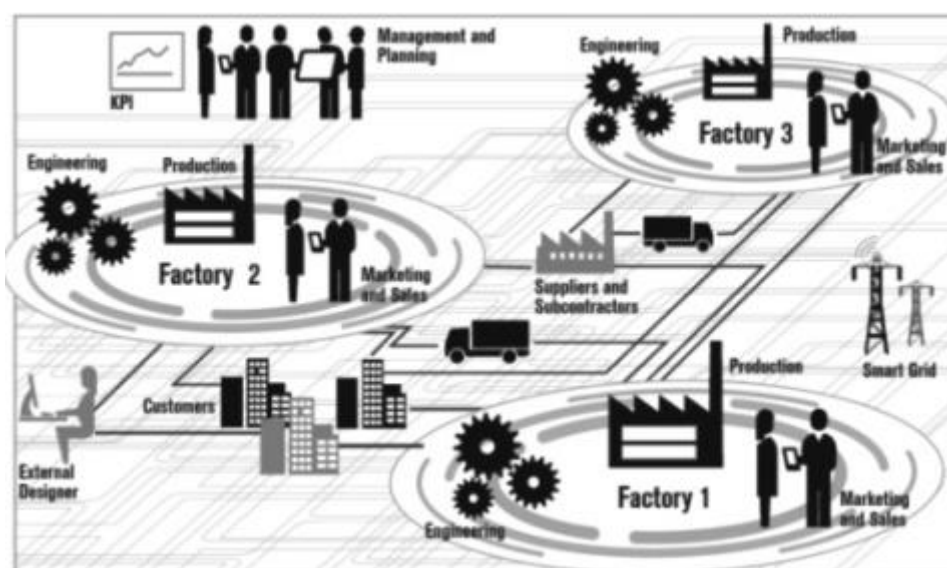


Figura 2.1 Esempio di rete del valore

Caratteristiche più distintive della Blockchain che la rendono altamente applicabile ai gestori della Supply Chain:

- *Transazioni trasparenti e controllate*: Blockchain non ha intermediari (ad esempio una banca), ne risultano liquidazioni più rapide e trasparenti;
- *Auditabilità*: tutte le transazioni sono immediatamente visibili alle parti autorizzate, il che significa che nessuno può manomettere, eliminare o nascondere alcuna informazione aggiunta alla Blockchain;
- *Affidabilità*: a causa della sua natura distribuita, la Blockchain non ha un singolo punto di errore. Inoltre, tutte le transazioni elaborate sulla Blockchain sono immutabili e irrevocabili, eliminando ulteriormente i rischi di frode.

Sebbene i casi d'uso della catena di approvvigionamento Blockchain siano ancora emergenti, una serie di progetti pilota di successo suggeriscono che i manager possono ottenere grandi vantaggi dalla Blockchain, che vanno dal risparmio sui costi, a una maggiore efficienza e a nuovi modelli operativi, in particolare nelle seguenti aree:

- *Approvvigionamento*
- *Provenienza e tracciabilità*
- *Pagamenti e contratti digitali*
- *Logistica*
- *Produzione*

2.5 – Cloud

Il Cloud computing viene considerato come una delle nuove risorse offerte dalla tecnologia più adatta ad incrementare le potenzialità logistiche di una azienda, contribuendo a limitarne i costi e potenziarne i rapporti sinergici, sia tra i dipendenti di quella stessa azienda che tra quella impresa e la realtà economica circostante.

L'avvento del Cloud e la diffusione di dispositivi mobili a basso costo dotati di accesso ad Internet sta rivoluzionando il settore della logistica, modificandone paradigmi e modalità.

Viene denominata Cloud una piattaforma informatica in grado di erogare risorse quali elaborazione, archiviazione e trasmissione dati tramite una serie di strutture preesistenti e configurabili capaci di garantire l'accessibilità on demand alla struttura.

La creazione di uno spazio condiviso in cui è possibile archiviare ed elaborare informazioni è in grado di offrire all'utenza imprenditoriale enormi possibilità, in quanto renderà possibile una cooperazione sinergica e altamente organizzata, limitando i costi hardware (sarà possibile utilizzare un qualunque smartphone e non sarà più necessaria l'esistenza di una rete di server) e incrementando un utilizzo organizzato e intelligente delle informazioni.

Sebbene il concetto di Cloud possa essere generalizzato considerandolo un paradigma di risorse informatiche accessibili on demand, è bene prendere in considerazione le varie declinazioni che questo concetto può assumere.

Esistono svariati tipi di cloud, che, pur condividendo il concetto su questa idea si fonda, differiscono per modalità e funzioni. Eccone alcuni:

- *Cloud SaaS*: Questo tipo di Cloud riguarda principalmente l'utilizzo di software che, pur non essendo installati localmente, sono presenti all'interno di un server remoto e vengono messi a disposizione dallo sviluppatore del Cloud (o dal cliente amministratore) perché gli utenti finali possano usufruirne.
- *Cloud DaaS*: Questo Cloud presenta principalmente una funzione di archiviazione, e consente all'utente finale di utilizzare il web al pari di un archivio locale, con l'unica limitazione della necessità di una connessione Internet per accedere ai dati.
- *Cloud HaaS*: Il servizio di questo cloud si basa principalmente sull'elaborazione dei dati. Tramite questa piattaforma, il cliente è in grado di immettere informazioni che verranno elaborate e restituite.

Sebbene queste siano le tipologie principali, è possibile integrare un Cloud con diversi servizi, o condividere attraverso di esso anche risorse hardware quali ad esempio la capacità di rete [24].

I tempi di produzione, il costo in un dato istante delle materie prime, i dati sulla disponibilità dei prodotti da parte dei fornitori, le stime sui tempi di spedizione possono essere più accurate e puntuali e garantire all'azienda risparmi anche molto consistenti. Tutte queste informazioni, se correttamente aggregate e correlate, infatti, offrono alle organizzazioni lo spazio per indirizzare al meglio la domanda e ottimizzare le strategie di acquisto di materie prime e componenti.

Il Cloud assicura una gestione centralizzata di tutti gli aspetti relativi alle vendite, all'evasione degli ordini, alla gestione dei flussi di materiali e di inventario e agli aspetti finanziari a questi collegati. Ovvero le soluzioni di Supply Chain Management nel Cloud aiutano le aziende a prevenire il problema dell'out-of-stock attraverso la gestione di un unico canale degli ordini e la funzionalità di Supply Chain Planning intelligente. In questo modo si riesce a migliorare la soddisfazione dei clienti minimizzando contemporaneamente i costi di evasione e spedizione degli ordini.

2.5.1 - Cybersecurity

Un aspetto importante da valutare è quello della cybersecurity, l'accessibilità al Cloud da qualsiasi dispositivo e luogo è sicuramente un vantaggio per tutta la filiera ma allo stesso tempo aumenta la possibilità di attacchi informatici al fine di appropriarsi illegalmente di una quantità enorme di dati.

Per mettersi in guardia da hackeraggi ed attacchi simili, è fondamentale la protezione degli endpoint e della rete: bisogna essere in grado di definire, risolvere e applicare le policy di sicurezza in maniera decisa e coerente. La sicurezza sul Cloud non può essere efficace finché gli attributi delle persone e dei servizi non sono definiti in modo coerente e leggibile dai computer ed infine i dati devono essere crittografati in modo sicuro quando sono sul server del provider e mentre vengono utilizzati dal servizio Cloud.

2.6 – Le attività di una Supply Chain digitalizzata

Le macroattività considerate [25]: marketing, vendita e sviluppo prodotto, pianificazione della produzione e gestione materiali, acquisti, produzione e montaggio, gestione del contratto di vendita, consegna e logistica di ritorno vanno oltre le aree di competenza gerarchica del Supply Chain manager e rappresentano da un lato le aree di possibile utilizzo delle nuove tecnologie e dall'altro il continuum della gestione d'impresa.

Un ipotetico macro-processo che deve:

- essere armonizzato e coordinato al fine minimizzare ogni disallineamento, discontinuità e fase di attesa;
- trascendere gli interessi, i confini e le competenze delle funzioni che attraversa, eliminando i silos e le chiusure che spesso le caratterizzano;
- essere armonizzato con i production planning dei fornitori critici al fine di assicurare la continuità dei flussi di materiale e minimizzare i livelli di scorta;
- consentire la pianificazione integrata di vendite e operations (S&OP);
- comprendere strategie di innovazione e di miglioramento continuo di ogni fase.

Marketing

L'attività di marketing può avvantaggiarsi dell'analisi dei Big Data e questo vale in particolar modo per le imprese che realizzano beni di consumo di interesse dei social network. Esistono sul mercato vari applicativi di analisi, ma in taluni casi potrebbero servire software adattati allo specifico prodotto e contesto e questo significa, tra l'altro, definire algoritmi ad hoc. Per chi realizza beni complessi che incorporano sistemi avanzati realizzati da specialisti esterni, l'attività di marketing potrebbe essere congiunta. Il marketing dei costruttori di PC, ad esempio, è chiaramente dipendente e abbinato a quello dei produttori di microprocessori quali Intel. I Big Data sono importanti, ma inizialmente potrebbe essere sufficiente una buona

segmentazione di mercato per prodotto e una buona interazione promozionale con i clienti più critici e significativi, con rilevazione, aggiornamento e tracciatura dei vari feedback.

Vendita

Quando sono in gioco grandi quantità o commesse complesse i commerciali devono interagire col Supply Chain manager al fine di verificare la fattibilità del programma consegne da inserire in offerta e porre le basi per la pianificazione integrata di vendite e operations (S&OP). Tutta l'organizzazione e non solo il commerciale deve dare priorità alle esigenze dei clienti.

Sviluppo prodotto e successiva ottimizzazione

Lo sviluppo del prodotto, la definizione delle sue configurazioni e la sua successiva ottimizzazione costituiscono la base del successo dell'impresa. Anche in questo caso servono Big Data o informazioni analitiche sui gusti.

Acquisti

Le attività e i processi che fanno capo al procurement possono essere suddivisi in due categorie: strategici e tattico-operativi.

I primi sono quelli che attengono alla definizione delle politiche della funzione e alle scelte che apportano valore aggiunto. Ad essi appartengono la pianificazione dei fabbisogni e la predisposizione del budget pluriennale, la spend analysis e l'impostazione dei piani di category management, la preparazione del procurement plan e l'emissione dei contratti quadro, la governance e il vendor management.

Quelle tattico-operative interessano i processi di acquisizione materiali e la gestione dei relativi contratti. Negli ultimi vent'anni gli obiettivi della funzione hanno visto aumentare la componente strategica (Fig. 2.2). Fino agli anni 2000 infatti il focus della funzione era sui prezzi, sul rispetto consegne e sulla compliance contrattuale in generale (Fig. 2.2). Dal 2000 al 2015 si è spostato sulla riduzione dei cost driver dei gruppi merce più significativi in termini di volumi di spesa e sull'efficienza delle filiere di fornitura. Nei prossimi anni l'attenzione della

funzione dovrà essere focalizzata sull'innovazione dei materiali e dei servizi acquistati, sul contributo al miglioramento dei prodotti finiti apportata dalle start-up e sul miglioramento dei processi interni e della filiera al fine di ridurre costi e tempi di consegna e migliorare i servizi al cliente. Così facendo gli approvvigionamenti daranno un significativo contributo allo sviluppo del fatturato e alla redditività del business aziendale.



Figura 2.2 Evoluzione degli obiettivi del Procurement

Gestione Magazzini e Trasporti

La gestione dei magazzini dev'essere progressivamente automatizzata sia con l'ausilio delle tecnologie di localizzazione che con l'impiego di robot. I trasporti devono essere affidati a logistics provider affidabili in grado di assicurare tracciabilità e localizzazione in tempo reale.

Produzione e Montaggio

Ogni reparto produttivo dev'essere progressivamente automatizzato e digitalizzato. Big Data e piattaforme digitali possono costituire soluzioni per pochi, ma la connettività degli asset

produttivi attraverso sistemi cyberfisici, l'opportunità di disporre di display di comando da remoto e l'utilizzo di applicativi che interagiscono con l'ERP e forniscono informazioni che esso non può dare, rappresentano lo zoccolo duro e irrinunciabile dell'impresa intelligente.

Controlli Intermedi e Collaudo Finale

I materiali in entrata devono essere gestiti col modello free pass, mentre i controlli intermedi e il collaudo finale devono progressivamente essere automatizzati.

Pianificazione integrata di vendite e operations (S&OP)

Il focus del Supply Chain management deve spostarsi sui processi di pianificazione avanzati, come la pianificazione della domanda o la pianificazione integrata delle vendite e delle operations (S&OP). Compito non facile, ma se si vuole ridurre il time to market e massimizzare l'integrazione aziendale non esistono alternative. L'analisi intelligente dei Big Data per fare il 'sensing' della domanda di mercato potrebbe essere molto utile. Si tratta infatti di captare e interpretare gusti e necessità dei clienti, magari influenzandoli al fine di stimare e pianificare la domanda di mercato e predisporre piani di produzione focalizzati sulle stime ritenute attendibili almeno al 55%-60%. Maggiori sono l'interazione e la fidelizzazione con i singoli clienti, minori sono i rischi. Pianificare nel prossimo futuro significa garantire che ogni processo sia ben integrato, dai fornitori ai clienti e tener conto di tempi, carico macchine, costi, inventari e servizi post-vendita in una prospettiva end-to-end, piuttosto che nell'ottica di ciascuna singola funzione.

Supporto Prodotto

Riparazioni e revisioni dei prodotti immessi sul mercato sono facilitate e rese più tempestive se questi sono dotati di sensori per la rilevazione dei guasti e stati di usura.

Manutenzione

La manutenzione predittiva riduce guasti e fermi macchina. Parimenti ai prodotti è opportuno inserire negli asset produttivi più critici dei sensori in grado di rilevare malfunzionamenti e stati di usura delle parti più delicate dell'asset stesso.

2.7 - Vantaggi di una Supply Chain digitalizzata

Secondo un articolo di PwC [25] la costruzione di una Supply Chain avanzata sta già portando i suoi frutti alle varie aziende e i benefici maggiori sono evidenti nei “campioni digitali”. Negli ultimi anni hanno riportato il 6,8% di risparmio sui costi della catena, insieme a un aumento del fatturato del 7,7%. Questi risultati non sono solo significativamente superiori alla media delle aziende in generale ma sono più del doppio di quelli raggiunti da chi si è avvicinato da poco al mondo digitale.

Questi ricavi aggiunti provengono dagli investimenti nella catena di fornitura i quali si traducono in una maggiore centralità del cliente e tempi di consegna più rapidi, aiutando così le aziende ad allargare il proprio business.

Le aziende leader stanno introducendo nuovi modelli di business, servizi digitali innovativi e apertura di nuovi canali per i clienti al fine di aumentare i propri introiti.

Gli intervistati riferiscono di vedere una vasta gamma di vantaggi dai loro investimenti in catene di fornitura avanzate (Fig. 2.3). Alcuni dei maggiori vantaggi sono strategici, come il miglioramento della pianificazione, migliore qualità e livelli più elevati di soddisfazione del cliente. Altri vantaggi sono finanziari, come una maggiore redditività e l'utilizzo degli asset. Altri ancora sono operativi, come minor time to market e tempi di consegna ridotti. Tuttavia, i vantaggi riscontrati variano a seconda della posizione delle aziende riguardo il loro percorso di sviluppo della catena di fornitura.

Le new entry ottengono il massimo valore da una migliore qualità, quota di mercato e pianificazione. Aziende più avanzate hanno queste nozioni di base e continuano a vedere miglioramenti, ma stanno anche beneficiando di altri aspetti come il minor time to market, maggiore soddisfazione del cliente e diminuzione del lead time e degli sprechi. Aziende che sono più avanti nella curva di maturità della catena di fornitura ha riportato benefici

cumulativamente maggiori, infine ci sono i campioni digitali che realizzano vantaggi migliori in assoluto. Guadagnano vantaggi operativi anche da una migliore capacità di mitigare i rischi della catena di fornitura, dall'ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse e nell'aumentare i ricavi, per esempio utilizzando le capacità digitali per introdurre modelli e servizi innovativi.

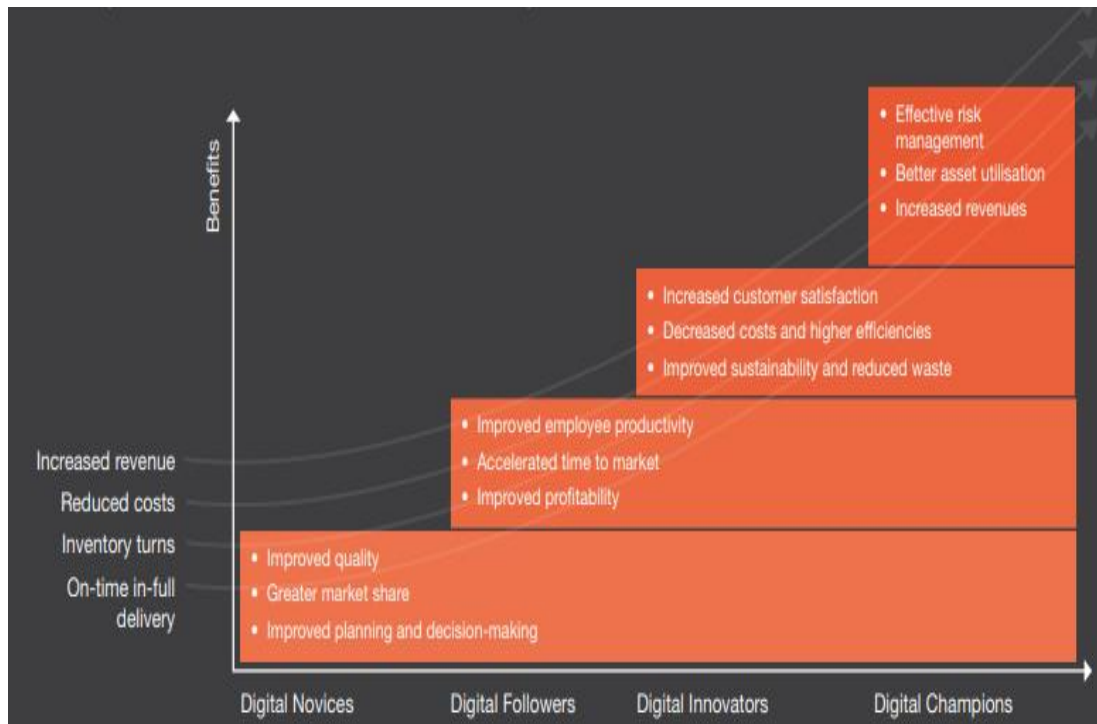


Figura 2.3 I benefici aziendali rispetto alla maturità digitale

CAPITOLO 3 – CASO DI STUDIO REALE: INPECO

3.1 – Premessa

L'Inpeco è un'azienda Leader nel campo dell'automazione totale dei laboratori. Da oltre 20 anni crea sistemi all'avanguardia per automatizzare l'intero ciclo diagnostico, all'interno e intorno ai laboratori clinici, per il perfetto processo di analisi totale.

L'azienda si occupa della produzione di track, sistemi di trasporto su cui viaggiano i campioni da analizzare: questi sistemi sono composti di base da una struttura in alluminio e dotati di una certa elettronica a bordo a seconda delle analisi di cui si devono occupare.

La prima fase del ciclo produttivo riguarda il montaggio ovvero l'assemblaggio meccanico, la seconda il cablaggio elettrico come ad esempio il collegamento di cavi e sensori ed una fase finale che riguarda il testing.

L'obiettivo dell'azienda è quello di garantire che tutti i dati clinici siano completamente tracciabili e che tutti i processi siano sicuri ed efficienti, ovunque sia possibile ridurre ulteriormente il rischio di errore umano.

3.2 – Presentazione del progetto

Inpeco circa due anni fa si è affidata ad un'azienda di consulenza esperta dell'industria 4.0 che la affiancasse in un percorso di crescita e miglioramento, quest'ultima, a sua volta, si è affidata ad un esperto tecnico nel campo Lean che dirigesse in prima persona tutte le attività di progetto. Questo percorso è iniziato perchè Inpeco aveva la necessità di capire se era in grado di raddoppiare la produzione senza l'ausilio di un ulteriore capannone da aggiungere a quello già in uso. Questo è stato fatto nel sito produttivo di Val della Torre vicino Torino, un sito che si espande su 27.000 mq ed ospita oltre 400 persone al giorno.

Il progetto in questione punta a migliorare l'organizzazione e i flussi snellendo questi ultimi e implementando il tutto con sistemi di automazione, fattori fondamentali per un'azienda che opera in un settore in cui l'efficienza implica la minimizzazione degli errori clinici e quindi la massimizzazione dei risultati.

Inizialmente il progetto aveva una durata di un anno e mezzo per il quale erano stati stanziati 2 milioni di euro che comprendevano anche il magazzino automatico e la consulenza. Causa Lockdown i tempi si sono allungati di circa sei mesi ed in questo momento si sta lavorando sulla fase di affinamento.

3.3 – Struttura del progetto

Il progetto è composto da 6 fasi le quali si succedono nel seguente ordine:

- *Assessment;*
- *Analisi dei flussi;*
- *Elaborazione della future state map;*
- *Implementazione;*
- *Estensione;*
- *Affinamento.*

A supporto sono stati creati due team, uno interno ed uno esterno.

Il team interno è formato da persone facenti parte del management, ragazzi giovani ma molto preparati con varie responsabilità aziendali, precisamente: il responsabile qualità, logistica, tecnico, acquisti ed infine pianificazione. Oltre ai vari responsabili sono presenti 3 capi reparto: uno che controlla magazzino e logistica e gli altri due più tecnici che si occupano dei track e dei moduli.

Per quanto riguarda il team esterno è presente un capo progetto, il cosiddetto “change agent” colui che oltre a dirigere tecnicamente deve portare un cambiamento culturale nell’azienda e quindi formare il personale sia nel modo di lavorare che nella comunicazione. Inoltre sono preseti due consulenti: un solution manager ed un esperto di industria 4.0 qualificato in ambiti come quello dell’elettronica, meccanica e mecatronica.

Nel complesso l’azienda mira ad un miglioramento aziendale in ottica Lean implementando i processi con sistemi digitali quali sistemi robotizzati ed un magazzino automatizzato al fine di ottenere benefici che vanno dalla produzione e si espandono su tutta la filiera.

3.4 – Fase iniziale del progetto

Nella fase di assessment è stata fotografata quella che era la situazione attuale dell'azienda andando così a valutare potenziali rischi, discordanze con gli obiettivi, inefficienze e altro ancora al fine di comprendere la realtà del funzionamento aziendale così da individuare su cosa e come andare a lavorare per raggiungere l'obiettivo finale.

Dall'analisi AS – IS è emersa una certa complessità di progetto, ma questo è normale per un'azienda che si appresta a compiere un cambiamento profondo, sia a livello strutturale che culturale e che riguarda tutte le aree aziendali. Complessità che comunque rientra in certi limiti infatti è venuta fuori la necessità di interventi incrementali, cioè che non vanno a stravolgere le dinamiche aziendali, poiché non c'era la necessità di interventi radicali come la reingegnerizzazione dei processi.

Sicuramente c'era bisogno di apportare modifiche al layout e lavorare sulla comunicazione tra le varie aree funzionali, quest'ultimo è un punto fermo del pensiero Lean, così una volta presentato il progetto il management team ha mostrato un certo entusiasmo.

3.5 – Nucleo del progetto

Completata la fase di assessment si è passati ad uno dei punti focali di questo percorso, l'analisi dei flussi. Questo passaggio fondamentale avviene attraverso l'utilizzo di uno strumento, la Value Stream Map (VSM). Si parte analizzando quello che è lo stato attuale dei flussi dal quale sono venute fuori molte attività che non creano valore, quindi attività che sarebbe meglio eliminare in quanto non portano maggiore soddisfazione al cliente finale. Di conseguenza l'indice di flusso misurato non metteva in evidenza un'ottima efficienza essendo tra il 5% e il 10%, va specificato che in questo caso non è stata usata la classica formula di calcolo dell'indice di flusso ma una meno ingegneristica che permettesse anche agli operatori di capire la situazione, è stato calcolato semplicemente come il rapporto tra attività a valore ed il totale delle attività. Analizzando i MUDA ci si è resi conto di diversi sprechi presenti quali movimento, processi inutili e attese. Successivamente avendo ben chiara la situazione attuale e i punti sui quali andare a lavorare, è stata messa a punto la future state map (FSM) attraverso la quale si vanno a formulare diverse ipotesi di layout con l'obiettivo di creare una

nuova mappa dei flussi che permetta all'azienda di performare al massimo. Le ipotesi riguardano le riduzioni di: attività che non creano valore, movimento, attese, processi inutili e scorte.

È stato così possibile arrivare alla conclusione che la produzione potesse essere raddoppiata nello stesso capannone già in uso modificando il layout, ed è stato il management team a scegliere quest'ultimo tra le varie ipotesi formulate. La modifica di quest'ultimo ha permesso di ridurre movimenti e attese, eliminare attività inutili, ottimizzare gli spazi e sprecare meno risorse possibili.

Durante la costruzione del layout si è riflettuto anche in ottica digital, sono stati inseriti nello stabilimento sistemi di automazione attraverso l'uso intenso di robotica e soluzioni digitali avanzate. In particolare si è lavorato su 3 importanti progetti: isola robotica, AMR (Autonomous Mobile Robot) e magazzino automatizzato [26].

- *Isola robotica (Fig. 3.1):* in quest'area viene utilizzato un robot per gestire il trasportatore, che è il vettore che muove il tubo attorno al binario di automazione. Il robot preleva i supporti da un vassoio e li posiziona nello strumento in cui viene aggiunto il software. Elabora fino a 10.000 corrieri al giorno, consentendo ai lavoratori di concentrarsi su più attività a valore aggiunto.



Figura 3.1 L'isola robotica

- *AMR (Autonomous Mobile Robot) (Fig. 3.2):* l'AMR può lavorare in sicurezza insieme a persone, carrelli elevatori e altre attrezzature di movimentazione grazie ai suoi sensori integrati, fotocamera e software. Essendo un robot completamente autonomo, può acquisire informazioni sull'ambiente, quindi lavorare per un periodo prolungato senza intervento umano. Trasporta fino a 500 kg e trasporta materiale per l'assemblaggio e le aree di confezionamento.



Figura 3.2 L' Autonomous Mobile Robot

- *Magazzino automatizzato (Fig. 3.3):* in Inpeco l'automazione del magazzino ha i seguenti obiettivi:
 - 1) ottimizzare gli spazi e le tempistiche di produzione,
 - 2) ridurre del 30% l'area di stoccaggio,
 - 3) rendere il layout più adattabile alle esigenze di produzione,
 - 4) migliorare l'ergonomia.

Per raggiungere questi obiettivi, Inpeco ha installato 7 navette che seguono le scanalature e servono per raccogliere le scorte dagli scaffali. Di seguito alcuni numeri da condividere:

- Le scanalature sono lunghe 2 corridoi e alte 8 piani;
- Sono disponibili 3000 scatole;
- Il caricatore intelligente che preleva il materiale è grande 730 * 890 * 165 (mm), pesa 52 kg e va 2 m / s.



Figura 3.3 Il magazzino automatizzato

Successivamente si è provveduto all'elaborazione del master project plan per l'implementazione del layout futuro scelto e, una volta completata questa fase, è avvenuta quella di implementazione vera e propria.

Nello stabilimento sono presenti reparti diversi al cui interno vengono sviluppate tipologie di prodotto diverso, quindi bisognerà agire in modi differenti nel modificare il layout in base all'area di riferimento. Per fare questo viene utilizzato un cantiere pilota in un'area strategica dove si iniziano ad implementare tutte le modifiche previste nel layout, viene tarato così il modello di approccio. Vengono fuori punti di forza, punti di debolezza e criticità che

permettono a questo standard di approccio che è venuto fuori di implementare ogni reparto nel migliore dei modi.

Questa fase è fondamentale perché vengono fuori gli errori che possono essere tecnici o di comunicazione e permettono che questi non si verifichino successivamente. Inoltre si comparano le idee: qualcuno potrebbe pensare di compiere ulteriori modifiche che vengono analizzate oggettivamente ovvero viene scelta quella con meno sprechi, ad esempio la scelta si potrebbe basare su quella che ha meno spostamenti di persone o che comunque riduce gli sprechi.

La durata del cantiere pilota è stata di circa un mese, tempo che chiaramente dipende dall'effort che si decide di impiegare cioè dal numero di persone e dall'intensità di lavoro. Poi si andati a lavora all'interno delle varie aree, ognuna con le proprie specificità.

Esteso il progetto su tutta la fabbrica cioè completato il deployment orizzontale si giunge alla fase di affinamento, si va verso il consolidamento di questo processo.

Nella fase di affinamento si è arrivati ad un tale livello di dettaglio in cui bisogna chiedersi se il progetto è coerente con il modello disegnato e tracciato, e se soprattutto è cambiata la cultura interna di tutta l'azienda. Non appena si giunge a questa conclusione può iniziare l'ultimissima fase, quella che dura nel tempo e coincide con il miglioramento continuo.

3.6 – Il cambiamento culturale

Quello culturale è un punto nevralgico, essenziale per la buona riuscita di questo percorso di miglioramento. Prima di iniziare questo percorso, in Inpeco c'era un problema che affligge tutte le imprese che seguono il modello della mass production. Il problema era la carenza di comunicazione tra le varie aree, mancava una visione d'insieme, il pensiero Lean ha permesso di abbattere queste barriere permettendo di allineare tutta la fabbrica e farla lavorare per obiettivi trasversali e non per funzioni. Un esempio banale potrebbe essere quello che riguarda l'ufficio acquisti: comprare qualcosa al fine di spendere meno per degli obiettivi di riduzioni costi porta poi problemi in produzione perché magari è un impianto scadente a livello tecnologico e calano le performance. Questo non deve accadere, viene eliminato questo modo di procedere attraverso la comunicazione, perché le due aree collaborando insieme potrebbero trovare un impianto che ha prezzi più elevati ma il cui lifecycle cost è

nettamente più basso. In questo modo si crea una visione a lungo termine evitando di avere delle perdite future.

Si tratta quindi di cambiare radicalmente le logiche aziendali, questo richiede del tempo ed un forte lavoro sulle persone, avvengono attività di formazione costanti, si creano momenti di condivisione aziendale, si utilizzano piattaforme di documentazione collaborative e la figura fondamentale per la buona riuscita di tutto questo è il change agent, una figura esperta con enormi doti comunicative che è in grado di inculcare nelle persone l'importanza della nuova visione dell'azienda e permettere a questa di espandersi.

Non solo il processo Lean ma anche quello digitale nella stessa misura ha richiesto un grande sforzo nel comprendere le nuove dinamiche. L'automazione, l'interconnessione dei sistemi e la revisione dei processi produttivi hanno in qualche modo accresciuto la complessità delle operazioni e richiedono personale con conoscenze tecnologiche e capacità di gestione dei processi. Per affrontare questo problema e trattenere tutti i lavoratori, sono state organizzate molte sessioni di formazione dedicate alle risorse che precedentemente lavoravano in operazioni ripetitive e di bassa complessità.

La categoria che nel complesso ha fatto più fatica nell'adattarsi al nuovo modo di pensare e di approcciare al lavoro è stato il middle management, cioè capi reparto e capi ufficio, limiti personali e attività standardizzate hanno reso più difficile l'abbattimento delle barriere tra il vecchio e il nuovo.

Il segreto per superare gli ostacoli è quello di riconoscere questo cambiamento come un'enorme possibilità anche di crescita personale.

3.7 – L'espansione sull'intera Supply Chain

Il percorso di miglioramento della Inpeco ha trovato riscontri positivi all'interno di tutta la filiera. Inizialmente ci si è focalizzati sulla produzione, da qui per poi espandersi a monte e a valle rendendo il tutto collegato, viene fuori un unico meccanismo sincronizzato.

Come già illustrato, era stato predisposto un team interno con i vari capi reparto compreso un addetto al magazzino e alla logistica, questi referenti una volta assimilato il nuovo approccio (avevano imparato a livello di sprechi, flussi, movimenti ed altro) lo hanno poi applicato alle loro aree. Questa è una prima ragione di come anche la logistica e quindi

l'approvvigionamento e la consegna finale subiscano le prime modifiche e le basi per progredire.

Inoltre è come se la linea fosse il cantiere pilota e su questa venissero definite le regole dalle quali poi i flussi logistici devono asservire la linea stessa. Infatti l'incidenza dei flussi è notevole e vengono fatti oggetto di osservazione.

In base al lavoro fatto sulla linea e alle logiche applicate vengono queste ultime riportate alla logistica, sia in entrata che in uscita. In questo modo si rende tutta la filiera uniforme riducendo o eliminando completamente attese, spostamenti, scorte e ottimizzando gli spazi.

I meccanismi di rifornimento devono essere studiati alla perfezione ed è la parte meno semplice del cantiere. A questo punto si è arrivati passo dopo passo, partendo dalla produzione per giungere anche al demand planning, arrivando a fare dei contract manager e scouting di fornitori.

Si potrebbe raggruppare il progetto in 3 macro fasi: una interna che riguarda la produzione, una esterna per i flussi logistici ed una terza di ottimizzazione dei fornitori chiamata Lean supplier.

In quest'ultima fase si va a lavorare sui fornitori più importanti cioè quelli strategici, quelli con la maggiore quota parte, si avvia un processo di miglioramento interno al fornitore con il supporto di persone che fanno parte dell'azienda cliente e dei consulenti esterni. Si vanno ad implementare presso questi fornitori le stesse logiche aziendali per essere efficaci nel servire il cliente. Viene proposto un percorso di miglioramento finanziato dall'Inpeco al fine di ottenere un aumento della qualità, una riduzione dei costi e chiaramente ottimizzare le dinamiche di consegna. In questo modo il processo di miglioramento viene attuato su tutta la filiera e l'azienda ne beneficia sotto ogni punto di vista.

3.8 – Il ruolo della digitalizzazione

La necessità di un progresso tecnologico è venuta fuori per via dell'aumento degli ordini con la conseguente difficoltà nel mantenere gli impegni di consegna. È nato un impegno a rinnovare i sistemi produttivi e logistici, orientato alla massima automazione dei processi, secondo i principi dell'Industria 4.0. Un piano ambizioso per aumentare l'efficienza della fabbrica, con un uso intenso di robotica e soluzioni digitali avanzate. La produzione è interconnessa con un magazzino automatizzato, con un robot collaborativo (COBOT, per la

programmazione pallet) e con sistemi robot mobili autonomi (AMR) per il trasporto dei materiali all'interno dello stabilimento. COBOT e AMR non hanno barriere fisiche e condividono gli spazi con il personale di produzione nel rispetto dei più severi standard di sicurezza. In particolare, i robot AMR consegnano la materia prima ai reparti di assemblaggio e "ritirano" il prodotto finito lungo le stesse corsie utilizzate dal resto del personale; stanno diventando una sorta di collega digitale, familiare e affidabile.

Gli indicatori di performance della produzione sono gestiti all'interno dell'ERP aziendale e di altre applicazioni SW. Vengono raccolti dati sulle parti che compongono il prodotto (tracciabilità dei componenti) e vengono monitorate le tempistiche di ogni fase di produzione (preparazione materiale, assemblaggio, cablaggio elettrico, collaudo, confezionamento). Tutti questi input consentono di avere un monitoraggio continuo dei livelli di performance in termini di qualità e produttività del prodotto, per valutare i risultati rispetto agli obiettivi sfidanti che l'azienda si è prefissata. Sono stati applicati nello stabilimento i principi di automazione e tracciabilità che sono nel DNA dell'offerta Inpeco; robot che sostituiscono gli esseri umani in attività ripetitive e rischiose, per una maggiore produttività e una diagnostica senza errori.

C'è sicuramente un impatto sulle risorse umane, ed è positivo. Come già discusso precedentemente c'è stato un lavoro specifico sul personale in modo che ogni operatore sia stato capace di adattare le proprie capacità alle nuove mansioni.

3.9 – Conclusione del progetto

Questo processo iniziato nel 2018 è in dirittura di arrivo anche se i tempi si sono prolungati di sei mesi causa lockdown. In questo momento si sta completando la fase di affinamento quindi viene verificato che tutto è stato fatto nel migliore dei modi, senza errori, che gli obiettivi prestabiliti sono stati raggiunti e si lavora anche in ottica di ottimizzazione fornitori.

Anche la parte di accounting ha la necessità di cambiare le logiche, prima le prestazioni si misuravano per centri di costo ma in questo modo non è detto che le ottimizzazioni vengano contabilizzate come miglioramenti. Attualmente cambia anche il modo di calcolare costi e

benefici attraverso le giuste suddivisioni e attribuzioni al fine di valutare correttamente tutte le miglorie che sono state effettuate e che continueranno ad esserci nel corso del tempo. Completati anche questi ultimi passaggi, il miglioramento non si ferma mai, sarà continuo. Come un asintoto.

Una volta consolidato il tutto, tramite un contratto di follow up che è stato già definito, l'azienda riceverà assistenza post progetto. Avverranno contatti mensili per i successivi sei mesi dalla conclusione nei quali si effettueranno misurazioni, audit e si valuterà se si sta andando nella direzione giusta o se bisognerà intervenire in caso di derive, criticità, anche relazionali.

3.10 – Valutazioni finali

È evidente come il percorso che ha intrapreso Inpeco ha stravolto le dinamiche aziendali, a livello tecnico come a livello culturale, ha permesso alle persone di crescere e di avere una vision complessiva di quello che è Inpeco e di dove vuole arrivare senza che queste si limitino a lavorare solo per i propri interessi.

È stato eliminato il problema dei silos, abbattendo le barriere tra le aree funzionali e collegando tra di loro tutti i reparti aziendali, creando sincronizzazione tra le aree.

Gran parte del merito è dovuto sicuramente alla rivoluzione culturale, che ha permesso un approccio migliore.

Importante è stata la cura degli spazi e la formazione continua di tutte le persone coinvolte nei vari progetti.

Superfici pulite, ampie finestre, luce naturale, uffici semplici e funzionali e tecnologie all'avanguardia sono state alcune delle scelte fatte nella progettazione architettonica, per creare il contesto perfetto per la dedizione del team, frutto dell'applicazione delle 5S.

Grande attenzione viene posta alla logistica. I prodotti finiti lasciano lo stabilimento in meno di 24 ore dopo essere stati imballati per la spedizione e la consegna, con un'attenta e puntuale attenzione alle condizioni atmosferiche in ogni angolo del mondo.

Sono stati tanti i risultati ottenuti. I MUDA che riguardavano movimenti, processi inutili e attese sono stati eliminati o comunque ridotti notevolmente. I tempi di consegna sono stati ridotti così come quelli di approvvigionamento.

I KPI fondamentali quelli riguardanti tempi, costi e qualità sono migliorati moltissimo, così come l'indice di flusso e la produttività è cresciuta di circa il 30%.

Ripercorrendo le tappe percorse da Inpeco è palese la complessità e le difficoltà incontrate per raggiungere gli obiettivi prefissati ma è altrettanto lampante la soddisfazione dovuta ai risultati ottenuti.

CAPITOLO 4 – SUPPLY CHAIN TRA LEAN E DIGITALISATION

4.1 – Premessa e rivoluzione culturale

Dopo aver analizzato e descritto due metodi per implementare la filiera aziendale, si nota come la filosofia Lean e la trasformazione digitale se prese separatamente viaggiano su due binari molto lontani. Hanno applicazioni completamente differenti, la prima basata su pensieri, modi di agire e aspetti riorganizzativi, la seconda su tecnologie di supporto per l'azienda. Ma entrambi rivoluzionano e portano innovazione in un'impresa, e come per ogni rivoluzione è fondamentale porre delle buone basi. Il punto più importante da cui partire sono le persone, persone che abituate a metodologie di lavoro tradizionali si vedono catapultate in un mondo nuovo. Ci si trova di fronte una resistenza al cambiamento di gran parte del personale, quindi la prima cosa da fare è promuovere una "riforma culturale" attraverso la quale coinvolgere le persone e farle sentire parte integrante e fondamentale per lo sviluppo dell'azienda.

Il cambiamento culturale è un'esigenza che normalmente parte dalla direzione ma che dovrebbe essere accolta, condivisa ed applicata dalle persone che operativamente concretizzano il disegno proposto dal top management aziendale.

Per fare questo, e per creare un vantaggio competitivo, è necessario raggiungere una continua innovazione fatta di investimento nelle persone, dando loro quindi la possibilità di studiare, sperimentare e imparare sul lavoro.

Coltivare il personale all'interno di un'azienda significa soprattutto:

- *Svolgere attività di formazione costanti;*
- *Creare momenti di condivisione delle competenze;*
- *Introdurre dei sistemi di Knowledge sarin;*
- *Utilizzare piattaforme di documentazione collaborative.*

Così facendo le persone trovano gli spazi e le motivazioni per crescere personalmente e professionalmente, ricambiando l'azienda con il massimo del loro impegno e portando il loro contributo ad ogni progetto, come se fosse un progetto personale.

Spinte da questo tipo di riconoscimento le persone arrivano addirittura ad anticipare l'azienda portando per prime l'innovazione all'interno della stessa.

In sostanza, bisogna mirare a costruire ed ottimizzare i legami, la collaborazione ed il coordinamento tra fornitori, terzisti, clienti e distribuzione. Bisogna abilitare un modello di collaboration innovativo e allo stesso tempo proceduralizzare la conoscenza, è quindi fondamentale instaurare una relazione basata sulla volontà condivisa di crescere nel proprio business. Crescere insieme significa supportare le competenze dei collaboratori nel tempo, attraverso la generazione di un circolo virtuoso da cui attingere competenze. La catena di fornitura ovviamente deve essere governata da solidi principi di integrazione e da eccellenti sistemi di coordinamento, tecnologici.

Gary Hamel, in un recente articolo, paragona la resistenza al cambiamento delle grandi corporation ad una malattia congenita, che le imprese tentano di guarire con la somministrazione di dosi imponenti di farmaci sintomatici, in altri termini utilizzando un protocollo terapeutico che non si pone l'obiettivo di aggredire le vere cause della malattia [27]. L'inerzia organizzativa, che deriva dalla focalizzazione sul brevissimo termine, magari basata sui buoni risultati ottenuti nel recente passato, sulla refrattarietà al rischio di dipartimenti chiamati a rispondere a metriche di funzione e infine su strutture gerarchiche, che premiano il rispetto del budget a scapito dell'innovazione, sono le malformazioni congenite con cui molte aziende scelgono di convivere.

Il Lean thinking, supportato dalle tecnologie abilitanti di Industry 4.0, possiede la terapia per il trattamento dei difetti congeniti dell'impresa tradizionale, a patto di voler accettare una maggiore propensione al rischio connesso al cambiamento che è peraltro uno dei punti di forza di molte delle startup che propongono sul mercato soluzioni Industry 4.0. Come in tutte le trasformazioni epocali, il top management è chiamato a scendere in campo con determinazione.

4.2 – Integrazione

Anche se il processo Lean e il processo di digitalizzazione sembrano molto distanti, ignorare i principi di snellimento attraverso il Lean può essere rischioso e può persino impedire la realizzazione di progetti basati sulla trasformazione in digitale. Le aziende di successo hanno ottenuto prestazioni eccezionali incorporando la gestione Lean al centro del processo di trasformazione aziendale. Tuttavia, anche nelle aziende nelle quali il metodo Lean ha trasformato il modo di lavorare, gli obiettivi che potevano essere ottenuti sono quasi stati raggiunti.

Allo stesso tempo il potenziale di tecnologie digitali nel trasformare le performance, sono ora ampiamente conosciute. Tuttavia, la maggior parte delle aziende fatica a trovare il giusto approccio per sfruttare efficacemente i vantaggi di questa “promessa digitale”. Infatti, scegliere tra le nuove opzioni fornite dalle tecnologie digitali è una vera sfida. In genere, non è chiaro da dove iniziare e come dare la priorità alle giuste risorse di un’azienda per ottenere risultati tangibili. Mentre alcune aziende sono riuscite a ottenere un aumento fino al 50% o più delle performance, molte si sono bloccati in diverse situazioni in cui le iniziative e i progetti mancavano di coordinamento così da limitare i successi o addirittura azzerarli.

La recente esperienza ha dimostrato che l'integrazione dei principi Lean nel processo di digitalizzazione può essere un modo molto efficace per ottenere risultati semplificati, consentendo alle aziende di identificarsi e applicare i metodi più efficaci per questa rivoluzione digitale.

Le aziende che si affidano a principi Lean ottengono risultati relativamente alti a livello di prestazione rispetto ai loro concorrenti. Un recente studio della società di consulenza Arthur D. Little [28] nel campo dell’automotive ha classificato il ciclo di vita Lean in tre fasi e ha determinato il tasso di crescita aziendale in un anno solare per ogni fase. È stato utilizzato un indicatore chiave della produttività (“Ore per veicolo”) come misura ed è stata analizzata la correlazione con l’implementazione del processo Lean.

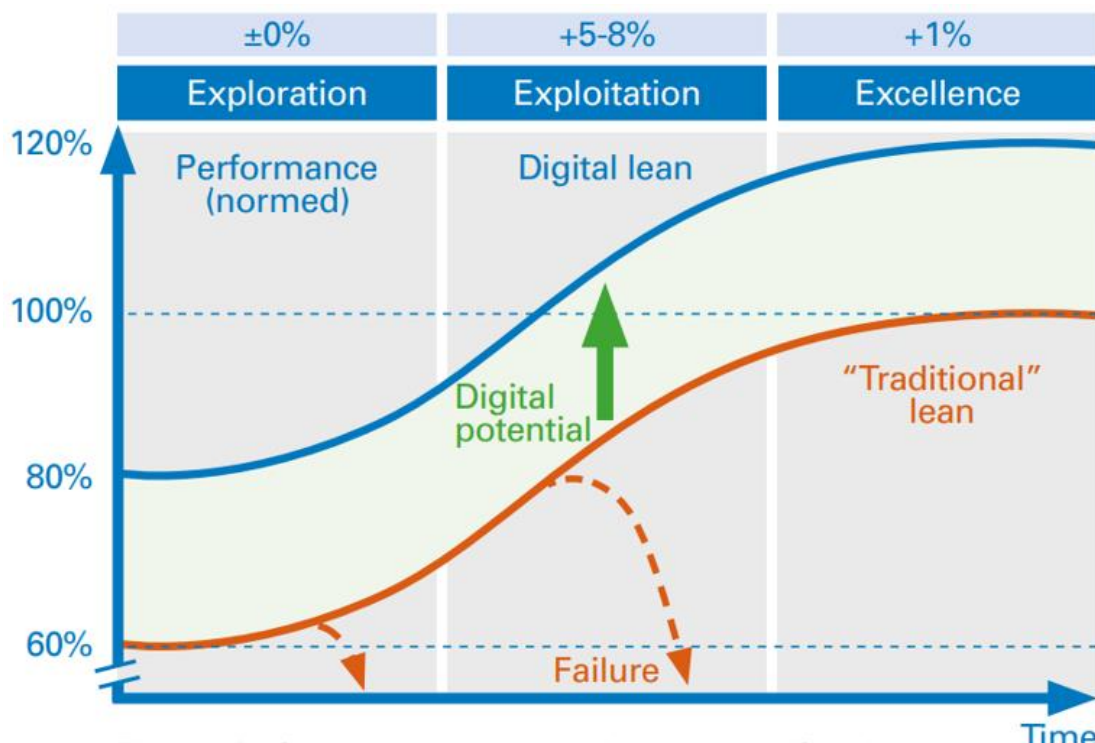


Figura 4.1 Crescita delle performance lungo il ciclo di vita Lean

Come mostrato in Fig. 4.1 la crescita delle prestazioni fino all'8% è comune durante la fase di exploitation, questa diminuisce con il miglioramento delle prestazioni e tende a stabilizzarsi intorno all'1% della fase di excellence. Le tecnologie digitali creano il potenziale per un ulteriore miglioramento in tutte le fasi.

Sono state identificate tendenze simili in altri settori industriali. Qualunque sia il settore, le organizzazioni snelle attraverso le loro colonne portanti come leadership e cultura, obiettivi, gestione delle prestazioni e piattaforme Kaizen pongono le fondamenta per implementare una Supply Chain che punta ad una trasformazione digitale.

Tuttavia, nonostante la comprensione diffusa di questi principi, molti processi di trasformazioni in Lean non risultano efficienti. Le aziende spesso si concentrano molto sugli strumenti e poco sulla filosofia e sulla rimozione degli sprechi piuttosto che sul valore del cliente, e questo è un problema per la resa della filosofia Lean.

4.3 - Ostacoli nell'approccio al digitale

L'avvento delle nuove tecnologie digitali provvede senza dubbio enormi opportunità e metodi per compiere un ulteriore salto in avanti nelle prestazioni. Tuttavia, le aziende che semplicemente introducono nuovi dispositivi e sistemi tecnologici, senza considerare il valore del flusso, corrono il rischio del fallimento. Ci sono diversi motivi per questo, ad esempio:

- *Problemi relativi a flussi di valore carenti e / o scarsa qualità dei dati i quali raramente vengono superati utilizzando sofisticate tecnologie;*
- *La digitalizzazione dei processi con scarsa qualità (dei dati) portando gravi carenze a livello produttivo;*
- *L'applicazione locale e specifica dei dispositivi tecnologici raramente portano a una semplificazione radicale a livello aziendale;*
- *Tecnologie che, all'inizio, sembrano facili da utilizzare possono causare frustrazione per dipendenti meno maturi/esperti;*
- *La semplificazione radicale richiede un approccio olistico nella trasformazione del flusso di valori.*

Il superamento degli ostacoli appena elencati richiede un'ottima conoscenza delle tecnologie disponibili e una profonda comprensione di come e dove possono influenzare il flusso di valore.

Ogni azienda ha bisogno di mettere a fuoco il proprio set di tecnologie, per affrontare le sue caratteristiche e priorità organizzative. Cinque categorie di elementi costitutivi tecnologici sono definite nel framework di digitalizzazione di Arthur D. Little, "Future of Operations" [29]. Questa classificazione aiuta le aziende a rintracciare le esigenze operative in base all'elemento costitutivo rilevante:

- *Cognitivo:* utilizzo del riconoscimento di pattern basato su Big Data per automatizzare le attività (ad es. Big Data / analisi avanzate, robot, sistemi di trasporto autonomo);
- *Connesso:* integra macchine, attività, ecc. tramite l'uso interfunzionale delle informazioni (ad esempio, macchine intelligenti e robot);

- *Virtuale*: sfrutta la produttività disaccoppiando e trasformando le condizioni fisiche in spazi virtuali (es. sistemi cyber-fisici, realtà aumentata);
- *Centrato sull'uomo*: progettare nuovi luoghi di lavoro attraverso l'uso di conoscenza collettiva (ad esempio, intelligenza collettiva, postazione di lavoro virtuale);
- *Valore aggiunto*: *definire nuovi modelli di business attraverso l'uso di nuove tecnologie di base (ad esempio, produzione additiva / Stampa 3D).*

Questi elementi costitutivi sono interconnessi e quindi necessitano di un approccio di progettazione olistico e integrato. Si applicano attraverso l'organizzazione, in entrambe le funzioni operative principali, come: produzione e logistica e nelle funzioni di supporto.

Adottando principi Lean, è molto più facile identificare le giuste aree e i giusti metodi per effettuare il cambiamento in digitale.

4.4 - Valutazione del potenziale di digitalizzazione del flusso di valore

La capacità di digitalizzare in modo efficace ed efficiente il flusso di valore di un'azienda è senza dubbio una fonte di competitività vantaggiosa.

Individuare e integrare la tecnologia digitale più appropriata nel flusso di valore richiede una profonda comprensione di tutti processi aziendali correlati, nonché delle tecnologie offerte e della loro relativa funzionalità. Come per la gestione Lean, lo sviluppo delle capacità richieste e lo stabilire la giusta mentalità in tutta l'azienda rimangono una questione molto importante. Più sono i dipendenti e i gestori che adottano questa nuova mentalità digitale Lean e prima gli sforzi di questo digital-swing riusciranno a fornire cambiamenti significativi nelle prestazioni del business.

Come abbiamo detto in precedenza, è possibile ottenere cambiamenti radicali nelle prestazioni incorporando nuove e comprovate tecnologie nel flusso di valore per superare i fattori che tradizionalmente limitano prestazioni e rendimento.

È possibile ricavare il pieno potenziale di digitalizzazione del flusso di valore utilizzando un approccio progettuale basato su due domande chiave [30]:

1) Quali fasi del processo fisico possono essere automatizzate da tecnologie già collaudate?

In primo luogo, progettare un flusso di valore snello. Semplificare radicalmente quest'ultimo, eliminando le interfacce attraverso consolidamento e integrazione: per rendere visibile il valore aggiunto. Per ogni fase del processo, soprattutto per quelle che non creano valori aggiunti chiedersi perché questo passaggio deve essere elaborato da un dipendente e nel caso in cui questo sia necessario, con quale tecnologia dovrebbe essere automatizzato. L'uso immediato di nuove tecnologie collaudate su processi standardizzati forniranno prestazioni più affidabili con meno guasti. La conseguenza è un aumento significativo della produttività per la quale bisogna spostare l'attenzione dall'eliminazione degli sprechi alla creazione di valore aggiunto. La struttura del nuovo flusso di valore sarà radicalmente diverso dal flusso di valore attuale: rivelando il suo potenziale digitale.

2) Quali sono le restanti fasi del processo non fisico (informazioni) in grado di essere digitalizzate?

In secondo luogo, automatizzare e digitalizzare l'elaborazione manuale delle informazioni sono fattori chiave. L'obiettivo è trovare una soluzione automatizzata in cui il dipendente si limita a monitorare e confermare i dati, riducendo a zero l'intervento manuale. Soprattutto per le routine ad alta frequenza, in cui i dipendenti trasferiscono dati tra programmi, o anche per quelle molto complesse come automazione dei processi robotici, l'intelligenza artificiale o i sistemi di supporto decisionale, semplificano radicalmente l'amministrazione dei flussi di informazioni. Il flusso di informazioni digitalizzato non solo produce meno guasti e accelera notevolmente i flussi di lavoro, ma crea anche nuovo valore e nuove opportunità di ottimizzazione attraverso la visibilità digitale dei Big Data.

4.5 - Esempio: sbloccare il potenziale digitale di un'industria a livello logistico

La Fig. 4.2 mostra un esempio del settore logistico, in riferimento allo studio di Arthur D. Little [31], in cui l'applicazione del design digitale ha portato a una riduzione del 50-80% delle attività manuali tradizionali. Il flusso di valore digitale permette di visualizzare la semplificazione del flusso di valore di questa azienda.



Figura 4.2 Attività logistiche eliminate o automatizzate per mezzo di un design digitale

Un terzo delle fasi e delle attività del processo iniziale sono stati identificati come superflui, e quindi eliminati.

Per un altro terzo, sono stati identificati elementi costitutivi per l'automazione e la digitalizzazione: sistemi di trasporto autonomi e lo stoccaggio robotizzato hanno rimosso tutte le distanze percorribili. Come risultato, la produttività è aumentata del 20%.

Un altro elemento fondamentale è stata la sostituzione della lettura manuale di dati e documenti attraverso l'uso di scanner automatici con il Machine Learning. Questo ha consentito ulteriori guadagni di produttività attraverso processi paralleli.

L'uso di smart tag (codici a barre), inclusi tutti i dati rilevanti per la lavorazione lungo l'intera catena di produzione, è stata abbinata all'utilizzo di guanti intelligenti, in grado di scansionare i codici a barre semplicemente prendendoli in mano. Il tasso di errore nell'immissione dei dati è stato notevolmente ridotto e l'automazione dei dati ha consentito una significativa accelerazione del flusso del materiale nel magazzino.

Infine, il restante terzo del processo è stato sottoposto a una radicale riprogettazione del posto di lavoro con requisiti personalizzati per il dipendente.

4.6 - Flessibilità e sprechi ridotti alla conquista del mercato

Da tempo la Supply Chain non è più la funzione aziendale che, riportando alla produzione, assicura la presenza di componenti a magazzino in quantità sufficienti a soddisfare la produzione. Lo spostamento del focus primario del Supply Chain management verso aree a maggior valore aggiunto, quali il demand planning e il Sales, Inventory & Operations Planning (SIOP) è stato reso in buona parte possibile dalle tecnologie abilitanti, che hanno permesso di ottenere una certa visibilità sull'intera catena di fornitura. Molto resta ancora da fare, anche perché le Supply Chain attuali, estese nello spazio e nel tempo, in cui agiscono una moltitudine di soggetti, sono il luogo ideale per la proliferazione degli sprechi. Paradossalmente, questo tipo di catene di fornitura è oggi indispensabile per fornire al cliente ciò per cui è disposto a pagare, pur contenendo al suo interno una buona dose di sprechi, dei quali il nostro cliente non è affatto interessato a sobbarcarsi i costi. Il vantaggio competitivo dell'impresa si misura più che mai in termini relativi: alle aziende capaci di soddisfare il cliente in maniera flessibile e con sprechi ridotti, va la possibilità concreta di conquistare larghe fette di mercato. Caso emblematico è l'esplosione del fenomeno del 'fast fashion', mercato nel quale un'azienda come Zara, marchio lanciato da Inditex nel 1985, ha generato vendite per quasi 16 miliardi di dollari nel 2016 [32].

4.6.1 - Caso Zara

Da più di un decennio, Zara rappresenta un'interessante combinazione di capacità di identificare il valore per cliente, applicazione dei principi Lean e introduzione di tecnologie

abilitanti. Probabilmente rappresenta una delle migliori applicazioni di mass customization fino ad oggi realizzate. Il cliente abituale di Zara sa che gli abiti disponibili in negozio sono stati prodotti in piccole quantità e che due volte a settimana gli showroom ricevono consegne di nuovi modelli. Un cambiamento radicale per il settore dell'abbigliamento, nel quale da tempo immemore le novità vengono introdotte due volte l'anno, in occasione della presentazione delle collezioni primavera/estate e autunno/inverno.

Se il cliente-tipo di Zara prova un abito che incontra i suoi gusti, è consapevole del fatto che deve acquistarlo, perché una volta esaurito, non verrà riassortito. A giudicare dai risultati, il cliente non è solo disposto, ma anche ben felice, di pagare per quei prodotti: il modello di business di Zara appare capace di identificare il valore per il cliente in maniera piuttosto chiara. La sua realizzazione pratica non è delle più semplici, tuttavia. La messa in produzione di oltre diecimila modelli l'anno, in più colori e taglie, richiede, ogni dodici mesi, la creazione e gestione di oltre trecentomila nuovi articoli. Molte aziende avrebbero probabilmente a ragione ritenuto impossibile governare una complessità simile, per gestire la quale Zara si avvale di sofisticate tecniche di Just In Time, e di metodi di postponement per ridurre il lead time e aumentare la flessibilità.

Applicando alcune delle pratiche introdotte da Benetton negli anni '80, anche Zara acquista oltre il 50% dei tessuti non tinti, in modo da poter reagire più rapidamente alle tendenze del mercato. Un tassello fondamentale del sistema di creazione del valore è rappresentato dalle tecnologie abilitanti, che si sommano all'attività di minimizzazione dello spreco digitale. L'intero sistema poggia su uno scambio di informazioni strutturato, rapido e costante tra tutti gli attori della catena del valore, partendo dagli store manager, in costante contatto con il cliente, per arrivare ai fornitori, passando per il centro stile di La Coruña in Spagna. Un flusso di informazioni continuo tra quartier generale e punti vendita permette di conoscere i modelli più venduti e quindi di indirizzare le scelte creative e produttive. Tutto ciò non sarebbe sufficiente senza una Supply Chain trasparente, ma soprattutto flessibile, continuamente sincronizzata con i bisogni del cliente.

4.6.2 - Il 'fast fashion' come modello da seguire per una Supply Chain vantaggiosa

La lezione dei giganti del 'fast fashion', può essere riassunta in pochi principi chiave, tutt'altro che semplici da introdurre, ma dall'enorme potenziale, se abbinati alle tecnologie abilitanti di

Industry 4.0 e soprattutto applicabili in un gran numero di settori industriali, che vanno ben oltre quello della moda:

- *Velocità*: le preferenze dei clienti si spostano sempre di più verso aziende in grado di soddisfare rapidamente le loro necessità. D'altro canto, appagare velocemente i bisogni del cliente è un fattore fondamentale per ridurre i rischi derivanti dalla mutevolezza dei suoi gusti. La velocità nella risposta al cliente non può che tradursi in velocità dell'intera catena del valore, non solamente di alcune parti. Circolazione e trasparenza delle informazioni non sono sufficienti se non innescano una risposta rapida del sistema produttivo, mediante l'applicazione pratica del concetto di flessibilità strutturale e non attraverso l'improvvisazione. La trasparenza e la tracciabilità lungo tutta la catena di fornitura, cavallo di battaglia di numerosi fornitori di tecnologie abilitanti, non basta: il monitoraggio e controllo ossessivo di una Supply Chain poco flessibile e per nulla reattiva anziché ridurre, aumenta gli sprechi. Quando la velocità di reazione non è sufficiente, per servire il cliente non si può fare altro che attingere da un magazzino ben rifornito, oggi come cinquanta anni fa. Ancora una volta, è necessario prestare la massima attenzione a non confondere uno strumento, per quanto innovativo, con il processo di creazione di valore per il cliente;
- *Lotto uno*: assodato che l'epoca della produzione di massa è terminata per sempre, i sistemi produttivi esistenti devono trasformarsi in modo da realizzare piccoli lotti a bassi costi, senza per questo derogare su qualità e lead time;
- *Spreco digitale*: l'introduzione di strumenti di digitalizzazione delle informazioni deve porsi come obiettivo l'eliminazione dello spreco digitale, ovvero di tutte quelle attività che, sebbene siano già gestite elettronicamente, non aggiungono valore per il cliente. L'introduzione dei sistemi ERP alla fine degli anni '90, il primo esperimento di digitalizzazione di massa, ha portato con sé una discreta quantità di spreco digitale nei processi. Lo stesso errore non deve essere ripetuto nel momento in cui si introducono le nuove tecnologie abilitanti: Industry 4.0 non è sinonimo di "pilota automatico". Definizione del valore per il cliente, delle priorità per realizzarlo, change management ed eliminazione dello spreco restano responsabilità in capo a manager in carne ed ossa.

4.7 – Caso Accenture: abbattere le barriere è cruciale per la crescente digitalizzazione

La maggior parte dei dirigenti intervistati ammette che le proprie funzioni aziendali non riescono a collaborare su progetti digitali, trascinando verso il basso i risultati finanziari.

Secondo un nuovo studio di Accenture [33], molte aziende non realizzano il pieno valore dell'investimento in progetti digitali a causa della mancanza di collaborazione tra le loro funzioni aziendali critiche. Dallo studio è emerso che il 75% dei dirigenti ha affermato che i propri reparti competono piuttosto che collaborare alla digitalizzazione, il che aumenta i costi e consuma i guadagni previsti.

Lo studio, intitolato "Together Makes Better", si basa su informazioni finanziarie segnalate pubblicamente e su un sondaggio condotto tra 1.550 dirigenti senior nelle funzioni aziendali di ricerca e sviluppo, ingegneria, produzione e catena di fornitura provenienti principalmente da aziende manifatturiere e industriali nel febbraio 2020. Anche se messa in atto prima dell'espansione della pandemia COVID-19, la ricerca indica tendenze e questioni che la crisi e la recessione economica non potranno che aggravare e fornisce spunti su come affrontarle ora, e in futuro.

"Man mano che le aziende sono cresciute, hanno sviluppato silos: funzioni e divisioni centralizzate che spesso si concentrano principalmente sulle loro esigenze interne e di conseguenza inibiscono la collaborazione", ha affermato Nigel Stacey, amministratore delegato e responsabile globale di Accenture Industry X.O. "Ora che la crisi sta accelerando la trasformazione digitale, questo vecchio problema del 'giardino recintato' sta tornando fuori. Questa situazione non solo impedisce alle aziende di digitalizzare le loro attività nel loro insieme, ma di metterle a rischio di una ripresa più lenta e di una crescita stentata".

4.7.1 - Il costo della concorrenza tra le funzioni

Molte aziende hanno effettuato investimenti ridondanti in determinate tecnologie. Ma la mancanza di collaborazione e allineamento tra le funzioni è già costata molto alle aziende. Per esempio:

Tra il 2017 e il 2019, i loro investimenti in progetti digitali hanno aumentato i costi di quasi il 6%.

Le aziende si aspettavano di aggiungere l'11,3% ai loro ricavi annuali digitalizzando le funzioni, ma hanno ottenuto in media solo un 6% in più.

Il 64% non vede affatto gli investimenti digitali aumentare la crescita dei propri ricavi.

"Quando le funzioni aziendali operano in silos durante la pianificazione o l'esecuzione di progetti digitali, l'innovazione soffoca e può far sì che un'azienda perda opportunità di crescita e maggiori prestazioni", ha affermato Rachael Bartels, amministratore delegato senior e leader globale per Function Networks and Programs in Accenture. "I leader di tutti i settori si stanno rendendo conto che, anche senza le sfide aggiuntive di una crisi globale, nessuna azienda può permettersi una mancanza di collaborazione all'interno della propria impresa o tra le proprie funzioni aziendali".

Un piccolo gruppo di aziende (22%) si distingue per il modo in cui collabora internamente per ottenere un valore più elevato dal digitale. Tra il 2017 e il 2019, questi "Campioni" hanno ottenuto risultati finanziari significativamente migliori dalla digitalizzazione delle loro funzioni aziendali:

hanno generato entrate aggiuntive con progetti digitali quattro volte superiori rispetto a quanto ottenuto da altre aziende: 27,1% contro 6,6%;

sono cresciuti tredici volte in modo più redditizio aumentando il loro EBIT (guadagni prima di interessi e tasse) del 27% contro il 2,1%, anche se hanno investito solo 1,5 volte di più in progetti digitali.

Un'ulteriore analisi dopo l'inizio della pandemia ha mostrato che questi campioni hanno anche resistito all'attuale recessione meglio dei loro coetanei sulla performance media del prezzo delle azioni.

Questa situazione suggerisce fortemente che queste aziende riescono ad aumentare la loro competitività anche in un clima economico in peggioramento. Ciò comprende:

1. Le loro strategie aziendali includono piani di esecuzione per la trasformazione digitale in tutte le funzioni. Ogni leader funzionale sa qual è la posta in gioco e ne è ritenuto responsabile;
2. È più probabile che abbiano un unico dirigente C-suite responsabile della trasformazione digitale complessiva e del successo digitale in ciascuna funzione (82% contro 66%);
3. Scelgono progetti che uniscono le persone e stimolano la collaborazione tra le funzioni, come la gestione dei dispositivi connessi e la digitalizzazione dei dati di ingegneria;
4. Le loro soluzioni e piattaforme digitali sono interoperabili. È più probabile che “i campioni” facciano funzionare le loro piattaforme digitali e comunichino bene insieme (71% contro 64%);
5. Hanno regole chiare su come la loro tecnologia dell'informazione (che supporta la pianificazione aziendale) e la tecnologia operativa (che controlla la produzione e le operazioni) dovrebbero lavorare insieme.

"Le aziende devono sostenere la loro trasformazione digitale durante la recessione economica", ha affermato Raghav Narsalay, amministratore delegato e responsabile della ricerca globale per Accenture Industry X.0. "Questo funziona solo se si impegnano a collaborare tra le funzioni. Come l'efficienza e la produttività, sta diventando un barometro fondamentale per il successo e la differenziazione in tempi difficili".

4.7.2 - Sulla ricerca

La ricerca si basa su informazioni finanziarie riportate pubblicamente e su un sondaggio di 1.550 dirigenti senior nelle funzioni aziendali di ricerca e sviluppo, ingegneria, produzione e catena di fornitura. Il sondaggio è stato completato nel febbraio 2020 e copre le aziende con vendite annuali superiori a 1 miliardo di dollari in 14 diversi settori e 11 paesi. I settori includono: aerospaziale e difesa, settore automobilistico, OEM automobilistico, prodotti

chimici, beni di consumo e servizi, alta tecnologia, apparecchiature industriali, scienze biologiche, dispositivi medici e tecnologia, metalli e miniere, petrolio e gas, altre risorse naturali, semiconduttori, servizi pubblici. I paesi includono: Australia, Brasile, Canada, Cina, Francia, Germania, Italia, Giappone, Spagna, Regno Unito, Stati Uniti.

CAPITOLO 5 – BENEFICI, LEGAMI E SINERGIE

Data la portata del cambiamento innescato da Industria 4.0, le imprese manifatturiere fanno fatica a trovare dei punti di riferimento, culturali e metodologici prima ancora che tecnologici a cui legare questo nuovo percorso di cambiamento. Infatti questo cambiamento va ad affiancarsi alle altre trasformazioni (di modello di business, di prodotto, etc.) che esse hanno già in corso. Si potrebbe utilizzare la Lean come ponte culturale nella trasformazione Industria 4.0. La Lean Production ha già compiuto infatti un percorso di sviluppo che ha attraversato varie fasi, passando dall'essere un insieme di tecniche che riducono le scorte e i tempi di risposta, a una metodologia, a dei principi e infine ad una cultura manageriale.

Dal punto di vista della applicazione, è partita dalla produzione per poi estendersi a monte e a valle lungo la Supply Chain, e poi coinvolgere anche tutte le altre attività aziendali: orizzontalmente in tutte le funzioni, e verticalmente fino alla visione strategica dell'Azienda Industria 4.0 e Lean Production. Queste mostrano diversi punti di contatto: l'enfasi sul coinvolgimento delle persone, la conoscenza distribuita sul campo, l'orientamento ai processi, l'attenzione alla misura e all'analisi del dato quale base del miglioramento.

Avendo analizzato sia l'approccio Lean che le applicazioni degli strumenti digitali è quindi evidente la capacità di traino che la Lean ha verso Industria 4.0, se correttamente collegate, e la capacità di quest'ultima di dare resa massima all'approccio snello.

5.1 - Snellire prima di digitalizzare

Per avere successo e superare i tipici ostacoli, le aziende devono garantire che i principi Lean siano ben integrati nei loro sforzi di trasformazione digitale. Le aziende devono:

1. Selezionare gli elementi costitutivi giusti in base alle loro potenzialità. Ciò richiede un'ampia e profonda conoscenza delle più moderne tecnologie;
2. Utilizzare principi Lean per semplificare radicalmente il flusso di valore. Utilizzarlo per identificare il potenziale digitale nel flusso di valore;
3. Evitare le "scorciatoie digitali", poiché in genere falliscono o portano a risultati deludenti o insostenibili;

4. Sviluppare una capacità digitale Lean, che formerà la base per un vantaggio competitivo durevole e sostenibile. Implica un cambiamento culturale nell'organizzazione e richiede l'attenzione del top management.

Il completamento di queste quattro azioni consentirà alle aziende di ottenere radicali cambiamenti a livello di prestazioni combinando digitale e Lean. La conclusione è semplice, è ora di passare al digitale, ma questo significa che i principi Lean sono più necessari che mai per aiutare gli sforzi di questa trasformazione ad avere successi a lungo termine.

Un processo che genera inefficienza e sprechi, se digitalizzato, non si trasforma per magia in un processo efficiente. C'è anzi il rischio che una tecnologia 4.0 vada a sovrapporsi a inefficienze pregresse, duplicando la complessità invece di eliminarla. Ecco perché anche la Digital Transformation deve essere preparata da un'analisi dei processi interni all'organizzazione: prima si semplificano per quanto possibile i processi, poi si implementa la digitalizzazione dei flussi informativi di questi processi. Digitalizzare flussi che potrebbero essere eliminati è un duplice spreco. Inoltre questo passaggio è imposto anche dal mercato, un mercato sempre più 'pull oriented', e con un time to market sempre più ridotto, in cui è fondamentale cercare di avere una Supply Chain ottimizzata e dei processi snelli.

Questi meccanismi sono accompagnati da concetti come la personalizzazione di massa, l'automazione, il controllo in tempo reale, la visibilità totale del processo e il batch size 1, ovvero la capacità di produrre anche una sola unità in modo flessibile ed economico. Per rendere possibile tutto questo c'è la necessità di integrare la filosofia Lean con le principali tecnologie dell'Industry 4.0 per creare e offrire valore per i clienti interni ed esterni. Questa mentalità strategica modifica completamente la produzione e conduce alla creazione di un nuovo modello di fabbrica intelligente, la Smart Factory. Composta da linee di produzione flessibili pronte a personalizzare in massa anche i singoli prodotti più complessi, la Smart Factory rappresenta un luogo in cui la logistica intelligente consente una produzione agile in una frazione di tempo e ad un costo ridotto. La Smart Factory, aiuta le organizzazioni in quasi tutte le industrie del mondo, ad evolvere da un'esecuzione Lean e impeccabile a una modalità più agile e strategica di produzione intelligente attraverso l'uso di tecnologie digitali come l'IoT al fine di migliorare i sistemi logistici e far emergere il potenziale nascosto atto a migliorare la produttività e a semplificare l'ottimizzazione della catena di distribuzione.

5.2 - Pratiche Lean digitalizzate

Alcune pratiche Lean hanno già subito una prima ibridazione digitale, il Kanban ad esempio, tecnica centrale nella gestione della produzione, si è evoluta verso il “Kanban elettronico”, in cui il segnale di sottoscorta, la tabella delle priorità e gli ordini conseguenti sono acquisiti, gestiti e distribuiti in modalità digitale.

Questo esempio di ibridazione, tuttavia, va letto più come una naturale evoluzione della tecnica Kanban alla luce della diffusione delle tecnologie ICT, che non come un esempio di particolare affinità dei due paradigmi. Per comprendere dunque in profondità in che misura Industria 4.0 e Lean Production possono dunque giocare un ruolo di rinforzo reciproco nella trasformazione culturale necessaria in questa fase è necessario un confronto più maturo, che non si fermi alla “automazione” delle singole pratiche, ma ricerchi, se vi sono, dei fondamenti comuni.

Un altro esempio riguarda il TPM, tra le sue principali caratteristiche c'è lo sviluppo di un programma di manutenzione “operatore-centrico”, non solo per effetto della distribuzione dei compiti operativi di manutenzione ma anche per la raccolta di dati intensiva e continuativa, al fine di ridurre sprechi, difetti e downtime.

L'evoluzione dei sistemi informativi, dall'ERP (Enterprise Requirements Planning) al CMMS (Computerized Maintenance Management System), sino a sistemi di produzione come il MES (Manufacturing Execution System), offre un supporto alla gestione del dato. Tuttavia, è l'operatore che spesso si trova a fare da “ponte” tra macchine e sistemi di gestione, dovendo integrare le mancanze causate da inadeguatezze nell'architettura IT aziendale. Oggi, un assetto tecnologicamente maturo per il TPM è tipicamente caratterizzato dalla presenza di moduli di manutenzione nei sistemi ERP, CMMS e/o MES “ragionevolmente” integrati (es. integrazione tra ERP e MES).

Le tecnologie dell'Industria 4.0 favoriranno il passaggio da TPM a Smart TPM. Naturalmente, così facendo si irrobustiranno i tradizionali pilastri del TPM, liberando le potenzialità di manutenzione predittiva e di gestione del dato anche in ottica di Life Cycle Management dell'impianto.

Un'altra pratica Lean che appare in forte sinergia con la digitalizzazione di Industria 4.0 è quella del Poka Yoke, ovvero della progettazione del processo a prova di errore. I sistemi Poka Yoke possono essere applicati in diversi ambiti aziendali quali per esempio la gestione ordini o la produzione, lo strumento in questione deve essere in grado di rendere difficile e improbabile l'errore anche da parte di personale non particolarmente accorto.

Per questo motivo, in contesti più "artigianali" o ad altissima varietà non è mai stato semplice adottare in modo ferreo i suggerimenti progettuali del Poka Yoke. Ad esempio, un'azienda produttrice di motori per l'agricoltura leggera ed il fai da te, aveva implementato da anni molte pratiche del Lean Management sulle linee di produzione dedicate a motori a grande tiratura, ma sulla linea "flessibile", dove si assemblano manualmente fino a 10.000 varianti diverse di motore l'adozione di queste pratiche, con le tecnologie tradizionali, era molto limitata. Grazie all'utilizzo simultaneo di tag RFID (per l'identificazione del codice dell'assieme e dell'avanzamento di fase), di logiche di visual management applicate al display operatore (visualizzazione della distinta di montaggio relativa a specifica stazione, colorazione dei componenti nello stesso colore dei cassettoni Kanban) ed infine di sensorizzazione degli utensili di lavoro (per la misura della coppia di serraggio) è stato possibile ridurre in modo marcato gli errori di assemblaggio (vite errata, coppia di serraggio scorretta), anche a fronte di una elevata varietà dei task. Se queste applicazioni sono già possibili, l'avvento di nuove soluzioni digitali (la virtualizzazione delle fasi progettuali e del commissioning di impianto, i nuovi dispositivi HMI e la realtà aumentata, solo per citarne alcune) consentirà di anticipare la verifica dei principi del Poka Yoke già in fase di progettazione ed ingegnerizzazione del processo, incrementando ulteriormente le prestazioni di qualità (intesa come conformità), ergonomia e produttività del lavoro, portando enormi vantaggi in tutta la filiera [34].

5.3 - Sinergia tra filosofia Lean e digitalizzazione

Il rapporto tra Lean Thinking e progresso tecnologico non è nuovo, basti pensare alle molte innovazioni che sono state introdotte nei sistemi produttivi dagli anni '70 del secolo scorso in poi. Alcune per supportare i principi Lean, altre meno, ma quasi tutte in grado di movimentare un acceso dibattito sulla relazione tra innovazione tecnologica e pensiero snello. Il bilancio è largamente positivo: molti progressi tecnologici hanno promosso la

diffusione del Lean Thinking, come quelli che hanno consentito di ridurre i tempi di attrezzaggio delle macchine o la diminuzione del lead time, da sempre cavalli di battaglia delle trasformazioni Lean. Il rapporto tra filosofia Lean e innovazione tecnologica, però, non è mai stato fine a sè stesso. Un postulato che accompagna il Lean Thinking fin dai suoi albori, quello secondo il quale la tecnologia riveste il ruolo di fattore abilitante del miglioramento continuo, non di suo sostituto, non ha perso di validità negli anni. E Industry 4.0, in qualità di somma di fattori abilitanti, non sembra costituire un'eccezione.

La combinazione di forti competenze nei domini tradizionali della gestione aziendale (catena del valore, Supply Chain, produzione, progettazione, manutenzione) con le tecnologie di Industry 4.0 è in grado di guidare la trasformazione dell'impresa nella giusta direzione. Industry 4.0 non sostituirà uno dei pilastri fondamentali del Toyota Production System: il principio del Jidoka o autonomazione, secondo il quale l'unico modo per costruire prodotti di qualità passa dalla continua interazione, durante tutto il processo produttivo, di automazione e intelligenza umana. La prima non esclude la seconda, anzi la esalta.

Tecnologia, strumenti e filosofia Lean sono ingredienti necessari, ma non sufficienti, se presi singolarmente, di una ricetta di successo che incrementi costantemente il valore per il cliente. E lo saranno ancora di più negli anni a venire, quando algoritmi per la gestione dei Big Data, robotica collaborativa o Addictive Manufacturing somiglieranno a commodity di nuova generazione. Ancora una volta, la legge dei rendimenti decrescenti non farà eccezioni, nemmeno al cospetto delle meraviglie di Industry 4.0 [35].

5.4 - L'operatore come valore aggiunto

Parlando di Jidoka che rappresenta la visione giapponese all'automazione, volta non solo a togliere all'essere umano la fatica fisica, ma a renderlo indipendente dalla macchina e complementare ad essa. Una delle prime applicazioni di questo principio ha permesso di passare da un sistema produttivo in cui ogni telaio aveva bisogno di un operatore dedicato che individuasse la rottura di un filo di trama o di ordito per fermarne la produzione e intervenire, a un sistema in cui il telaio aveva la intelligenza sufficiente a capire se si fosse rotto un filo: nel qual caso si fermava da solo e chiamava in aiuto l'operatore. L'operatore non era più al servizio della macchina con funzione di controllo del buon funzionamento, ma era la

macchina che lavorava per l'operatore, fermandosi e chiamandolo in caso di necessità. In questo modo con lo stesso numero di operatori si potevano seguire molti più telai, e i risultati qualitativi erano di gran lunga superiori [36].

Con Industria 4.0 sarà ancora centrale la figura dell'operatore che però, con la sua conoscenza, potrà concentrarsi di più sull'attività a valore aggiunto, essendo meglio supportato dalle tecnologie digitali su due funzioni di base:

- La conversione dei dati registrati in informazioni sullo stato di salute dei macchinari (con tecniche e sistemi di intelligence distribuiti nell'intero sistema di gestione di manutenzione della fabbrica, a partire dalla sensorizzazione dei macchinari stessi);
- La veicolazione del dato al momento giusto nel posto giusto (evitando che l'operatore di manutenzione debba "cercare" le informazioni, bensì che sia il "contesto" in cui sta operando a fornirglielo).

Le figure professionali nell'Industria 4.0 sono accomunate da un fattore, il dato, quindi la capacità di identificare, gestire, analizzare i dati per creare valore nei processi di business. Se le diverse figure professionali ad oggi erano abituate a prendere decisioni in mancanza di informazioni pertinenti ed aggiornate, adesso hanno a disposizione dati forniti in tempo reale, contestuali, e selezionati (l'informazione giusta per prendere la decisione giusta). La sensoristica fornisce l'informazione, il cloud permette di riceverla in qualunque posto si sia. Il dato però dev'essere interpretato: avendo a disposizione quantità di informazioni più elevate, diventa più difficile saperli filtrare ed interpretarne il significato. Occorrono competenze in materia di: analisi di trend, statistica, capacità di lettura dei dati grafici. Queste diventano basic skills, che oggi non tutti hanno.

Andando più nel dettaglio potremmo dire che, ad esempio, un imprenditore oltre a intuito, creatività, propensione al rischio, ha bisogno di una base informativa maggiore e migliore informazione sui clienti, i concorrenti, i prodotti e i servizi. Tutto questo potrebbe portare forse ad assumere rischi anche più alti, ma ragionati. A livello gerarchico più basso, l'operatore di macchina, che adesso ha spesso mansioni ripetitive, dovrà invece prendere più decisioni. L'automazione industriale prevede la sostituzione dei lavoratori da parte dei robot,

il movimento fisico viene sostituito dalla macchina. L'automazione cognitiva, basata sul dato, invece supporta i lavoratori per migliorarne le prestazioni. Fornendo all'operatore maggiori informazioni si aumenta la sua produttività, perché non perde tempo a capire cosa deve fare attraverso una serie di passaggi (prendere il disegno, leggere le istruzioni).

È evidente che le rinnovate possibilità dell'automazione avanzata, insite in talune soluzioni robotiche disponibili e raccolte sotto il concetto di Industria 4.0, possono far ricadere nella tentazione di tornare a proporre modelli di automazione con una visione "escludente" rispetto al contributo umano. Perché si crei una sinergia profonda tra Lean e Industria 4.0, dunque, l'automazione dovrà essere orientata nella giusta direzione, investendo le risorse necessarie per l'adattamento del processo e per la formazione degli operatori, perché la visione a lungo termine e, quindi, la convinzione nel contributo al miglioramento dato dall'operatore prevalga. In questo senso, l'insegnamento della Lean e le numerose evidenze del valore di questo approccio, dovrebbero essere i migliori antidoti rispetto a questa, purtroppo esistente, tentazione.

Molte aziende infatti formano i dipendenti a livello tecnico tramite professionisti esterni, sia per le pratiche Lean che di digitalizzazione e addirittura per quanto riguarda il data analytics assumono figure esterne esperte in materia come ad esempio statistici i quali hanno delle skills che difficilmente possono essere insegnate ad operatori interni.

Valutando nel complesso un'azienda con una solida base Lean integrata con strumenti digitali è evidente come la figura dell'operatore muta ma diventa centrale non limitandosi più ad azioni ripetitive ma creando valore aggiunto avendo a disposizione dati immediati, questo è facilitato dal taglio degli sprechi e dalla minimizzazione dei flussi che permettono l'acquisizione rapida dei dati chiaramente il tutto affiancato da un'adeguata infrastruttura IT.

La trasformazione dell'industria corre veloce e questa è un'arma a doppio taglio, permette sicuramente una crescita veloce ma è fondamentale il pilastro delle competenze, che devono essere sempre aggiornate affinché aziende e personale non vengano tagliati fuori da questa corsa verso il futuro.

5.5 - L'analisi dei Big Data per l'ottimizzazione della filiera

La filosofia snella è ideale per conservare dati in modo da ottenerne il massimo. L'industria 4.0 richiede un miglioramento costante e il mantenimento di una posizione di leadership sul mercato. Il miglioramento continuo e il controllo del sistema snello non dipendono solo dal livello di hardware e software, ma anche dalla mentalità dell'essere umano che è la parte più importante del sistema. I dati devono essere raccolti in tempo reale, ma l'ottimizzazione dei processi e anche della quantità di dati raccolti deve essere monitorata. Il collegamento ad altri database dal sistema deve essere costantemente verificato con algoritmi di autocontrollo per eliminare gli sprechi e la possibilità di errore nella raccolta e nel trattamento dei dati.

Il sistema deve rimanere flessibile con facile possibilità di modifica, avendo in mente la filosofia snella del miglioramento continuo. Questa modalità aiuta non solo a creare un sistema con spreco minimo, ma consente anche la sua sostenibilità.

L'importanza dell'eliminazione degli sprechi in termini di raccolta ed elaborazione di Big Data è molto importante per motivi di sicurezza.

L'analisi e la divulgazione tempestiva dei dati ai principali stakeholder [37]:

- *Genera trasparenza;*
- *Facilita le scelte decisionali, minimizzando i rischi;*
- *Favorisce le attività di controllo (in alcuni casi può renderle automatiche);*
- *Dà un quadro immediato dell'andamento delle attività e prestazioni significative consentendo, ove necessario, una rapida identificazione dei possibili rimedi;*
- *Favorisce i comportamenti collaborativi (i dati associati alla ricerca e sviluppo e produzione favoriscono ad esempio il concurrent engineering con riduzione del time-to-market e un miglioramento della qualità);*
- *Facilita l'identificazione dei modelli sottostanti ai dati e la conoscenza delle correlazioni tra gli stessi;*
- *Consente la segmentazione dei mercati e la rilevazione dei gusti per fascia di consumatori;*
- *Rende possibile l'esecuzione di analisi predittive;*
- *Facilita l'innovazione;*

- *Migliora i livelli di servizio nella filiera produttiva, aumentando l'efficienza del sistema impresa.*

Per avere un'idea più chiara di quello che è in grado di fare l'analitica aziendale, sfruttando il potenziale dei Big Data, evidenziamo che questa può essere: descrittiva, diagnostica, predittiva, prescrittiva e preventiva.

- *L'analisi descrittiva* si occupa di descrivere ciò che accade o che è accaduto per riassumere e chiarire le dinamiche che hanno connotato determinate prestazioni e offre una visione d'insieme o di dettaglio;
- *L'analisi diagnostica* cerca le cause che hanno portato ad una determinata situazione;
- *L'analisi predittiva* si propone di definire quello che accadrà nel futuro ed è la più diffusa. Essa è in grado di migliorare la comprensione del business, contribuendo a prevedere il comportamento degli utenti e le performance dell'organizzazione. Ciò è possibile grazie alla raccolta, all'analisi e alla modellazione dei dati sul comportamento dei clienti e sullo storico delle performance offerte;
- *L'analisi prescrittiva* si spinge oltre la previsione di risultati futuri, fornendo raccomandazioni sulle azioni da intraprendere;
- Infine, *l'analisi preventiva* indaga le azioni da intraprendere per evitare risultati negativi, come per esempio l'abbandono da parte dei clienti. Si occupa quindi della correzione e dell'ottimizzazione delle strategie e dei processi per anticipare le possibili problematiche e garantire migliori performance.

È evidente quanto è importante analizzare correttamente i Big Data, i quali possono essere definiti le fondamenta per la crescita e fattore chiave della competitività di ogni azienda.

Grazie all'approccio Lean e alla trasformazione digitale che hanno creato una filiera ottimizzata sotto tutti i punti di vista, sono disponibili molte più informazioni relative ad ogni fattore gestionale di particolare rilievo e permettono un'analisi dei dati efficiente ed efficace.

5.6 - La capacità migliorata delle aziende di stare al passo con l'identificazione del valore per il cliente

Il mondo d'oggi richiede alle aziende un'elevata capacità di reazione ai bisogni del cliente. Le nuove tecnologie hanno creato un mercato e un'industria in continua evoluzione, è importante rimanere al passo delle mutevoli aspettative da parte dei clienti e dei concorrenti. Questo è possibile lavorando su due obiettivi, uno è focalizzarsi sulla riduzione degli sprechi e sulla qualità dei processi, l'altro è concentrarsi sulla definizione di valore per il cliente. I due obiettivi devono essere collegati, non viaggiare su due rette parallele, deve essere un lavoro unico che nel complesso raggiunga entrambi gli obiettivi. In questo modo si producono risultati incoraggianti: ciò per cui il cliente è disposto a pagare viene realizzato in un sistema in cui gli sprechi sono ridotti al minimo e l'enfasi sulla qualità è costante.

Rimanere competitivi significa continuare a migliorare produttività, qualità e livello di servizio, ma soprattutto essere capaci di generare valore per il cliente lungo tutto il flusso della attività, lungo tutta la Supply Chain.

C'è la necessità di impiegare nuovi modelli di business, questo non vale solo nei settori più all'avanguardia come l'elettronica e l'informatica ma in qualsiasi campo la tecnologia sta cambiando le aspettative dei clienti anche in settori altamente regolamentati. Alla luce di questi cambiamenti, già oggi molte aziende sono costrette a ripensare le modalità con cui condurre il business: dalla definizione di ciò per cui il cliente è disposto a pagare, all'offerta dei propri prodotti sul mercato, alla scelta della strategia produttiva da utilizzare, fino a definire nuove regole per l'assistenza post-vendita. Tutte aree in cui le imprese hanno già il proprio know-how e i propri processi consolidati, che non sono più strumenti da utilizzare ad intermittenza nelle fasi critiche della vita di un'azienda, ma ingredienti strutturali per la sostenibilità del business.

La competizione principale si sposta nel campo dell'identificazione del valore per il cliente e nella capacità dell'azienda di fornirlo in maniera coerente, sostenibile e profittevole. Non che le imprese, specie quelle con decenni di storia alle spalle, non abbiano mai attraversato fasi di cambiamento: anche in passato, il processo di adattamento alle richieste dei clienti ha preteso mutamenti nel modo di condurre il business, ma spesso tali cambiamenti hanno richiesto anni, in qualche caso una generazione. Ora non più. L'enfasi si sposta sulla velocità,

che deve giocoforza diventare più elevata, agire più in profondità e includere una maggiore dose di rischio, quel rischio che i nuovi entranti incorporano nel loro DNA fin dal momento in cui si affacciano sul mercato.

Vale la pena quindi di aggrapparsi ad alcuni capisaldi in grado di rafforzare il percorso di adozione della filosofia Lean, anche in quei contesti in cui di Lean si sente parlare da anni:

- Subordinare ogni iniziativa aziendale al rafforzamento del primo e secondo principio Lean: identificare il valore per il cliente e quindi determinare il flusso del valore. Nonostante possa sembrare un'ovvietà, un simile approccio è meno diffuso di quanto si pensi;
- Focalizzarsi sui processi chiave, che devono essere migliorati e solo successivamente sugli strumenti necessari. Raramente il cambiamento nasce e si sostiene solo grazie all'implementazione di strumenti, anche di quelli più evoluti. Il miglioramento continuo è un processo culturale, non una semplice collezione di arnesi, fisici o virtuali;
- Evitare di introdurre il cambiamento attraverso una sequenza di progetti, che per loro natura implicano una data di inizio e una di fine, l'esatta antitesi del concetto di miglioramento continuo. Il miglioramento continuo, per definizione, non possiede un meccanismo di innesco a tempo;
- Non trasformare il cambiamento in un hobby per il tempo libero: quasi mai le iniziative di trasformazione hanno successo quando il leadership team trasmette, con il proprio comportamento, il messaggio che il cambiamento è sì una priorità, ma che va subordinata al rispetto dei target finanziari mensili o trimestrali;
- Abbandonare la logica della negoziazione continua ed esasperante dei target a tutti i livelli dell'organizzazione, siano essi finanziari o operativi, una prassi molto diffusa, che assorbe risorse preziose che potrebbero altrimenti essere destinate all'identificazione del valore per il cliente e alla riduzione dello spreco nei processi.

Sulla base di questi capisaldi e supportando tutte le fasi della filiera attraverso strumenti digitali sarà possibile mettere al centro la figura del cliente intorno al quale ruota il mercato. Sistemi come l'Internet of Things e l'analisi dei Big Data sono fondamentali per ricavare e sfruttare velocemente le informazioni in modo da dare al cliente finale il prodotto che più si

avvicina alle sue esigenze, il tutto accompagnato con una logistica in entrata e in uscita tecnologicamente avanzata e quindi rapida.

L'incremento del tasso di successo delle iniziative di miglioramento passa attraverso l'implementazione di un processo rigoroso di gestione delle attività di trasformazione: la sola formalizzazione di obiettivi ambiziosi da parte del management non è sufficiente, anzi si trasforma ben presto in un proclama vuoto, se non viene affiancata da un'attenta azione di monitoraggio e controllo delle attività in corso. Altro ingrediente fondamentale è un buon allineamento all'interno del leadership team e, più in generale, nell'organizzazione in merito alle priorità del business: solo in questo modo le attività di miglioramento continuo possono supportare l'obiettivo di incrementare il valore per il cliente. [38]

5.7 - Lean industry 4.0 la combinazione vincente per un'azienda competitiva

I principi Lean e Industry 4.0 possono sicuramente coesistere e integrarsi uno con l'altro. In linea generale è consigliabile realizzare prima la Lean e successivamente occuparsi della digitalizzazione. L'approccio Lean genera il cambiamento verso l'eccellenza di processi e prodotti, le tecnologie digitali ne amplificano e velocizzano gli effetti. Da un punto di vista tecnologico, la digitalizzazione può essere considerata complementare al Lean Management. La complessità dei sistemi produttivi può essere ridotta grazie all'adozione di pratiche Lean. Le tecnologie digitali possono integrarsi con i sistemi Lean, aggiungendo automazione e connettività. Grazie al connubio Lean-Industria 4.0 i sistemi flessibili di produzione possono essere facilmente riconfigurati in relazione alle esigenze sempre più dinamiche dei clienti ed è possibile migliorare la qualità ed i flussi produttivi, aumentando i tempi di fruizione di macchinari e impianti (OEE, Overall Equipment Efficiency). I sistemi di Lean Manufacturing possono essere completati dall'utilizzo di robot e cobot ed i recenti sistemi di visione 3D aggiungono ulteriore intelligenza e rivestono un ruolo importante nel miglioramento della qualità, ottimizzando, di conseguenza, il sistema Lean. Sicuramente, le tecnologie Industry 4.0 non possono risolvere eventuali problematiche legate ad una non corretta applicazione della metodologia Lean e conseguenti ad un'inadeguata organizzazione. La Lean production è progettata principalmente per ottimizzare i flussi: l'automazione e le altre scelte tecnologiche

di Industry 4.0 dovrebbero essere selezionate sulla base del loro contributo al miglioramento di tali flussi e al loro apporto al processo di generazione del valore [39].

5.7.1 - Valutazioni sugli investimenti

Si stima che l'Industria 4.0 a livello globale genererà entro il 2022, un aumento medio della produttività aziendale compreso tra il 15 e il 30% (elaborazione su dati McKinsey, PWC, Accenture), con una riduzione media dei costi operativi d'impresa tra il 3,6% e il 5,4% su base annua (stime elaborate su dati PWC e Capgemini) [40]. Con l'ottimizzazione di molte voci di costo, quali ad esempio il livello delle rimanenze, le "smart factory" sono destinate a riscrivere il futuro dell'industria.

Ad oggi l'investimento medio annuale in tecnologie Industria 4.0 per singola azienda si attesta su un valore compreso tra il 5% e il 10% del fatturato aziendale (dati Pwc). Entro la fine del 2022 le aziende produttrici prevedono che circa il 21% dei propri siti produttivi sarà riconvertito in fabbriche intelligenti (dati Capgemini); primi a guidare la trasformazione i settori Aerospaziale, Difesa, Industria e Automotive.

Sul fronte dei benefici attesi, la riduzione dei costi è vista come il principale driver di investimento in tecnologie di Industria 4.0 (circa il 69% delle aziende intervistate, da CXP Group).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] https://it.wikipedia.org/wiki/Gestione_della_catena_di_distribuzione
- [2] [16] [19] [25] [32] [35] [37] [38] [39] AA. VV., La quarta rivoluzione industriale: verso la supply chain digitale. Il futuro degli acquisti pubblici e privati nell'era digitale, Milano, FrancoAngeli, 2018.
- [3] WOMACK J.P., JONES D.T., La macchina che ha cambiato il mondo, "s.l.", Rizzoli, 1991.
- [4] WOMACK J.P., JONES D.T., Lean Thinking. Come creare valore e bandire gli sprechi, Milano, GueriniNext, 2000.
- [5] <https://www.make-consulting.it/5-s-principi-valori-programma-attuazione-azienda/>
- [6] <https://www.intrapresagroup.it/organizzazione/7-sprechi-da-eliminare-secondo-la-lean/>
- [7] <https://tecnicodiproduzione.wordpress.com/2016/01/19/il-jit-per-competere-sul-tempo/>
- [8] <https://www.logisticaefficiente.it/wiki-logistica/supply-chain/kanban.html>
- [9] WOMACK J.P., JONES D.T., Learning to see. La mappatura del flusso del valore per creare valore ed eliminare gli sprechi, "s.l.", Lean Enterprise Center, 2009.
- [10] <https://www.make-consulting.it/value-stream-map-la-guida-completa/>
- [11] <https://www.mitconsulting.it/tpm-total-productive-maintenance/>
- [12] <https://www.leanthinking.it/case-studies/page/2/>
- [13] <https://it.kaizen.com/references/carpigiani.html>
- [14] <https://it.kaizen.com/references/zen.html>
- [15] Three keys to building a data driven strategy di Dominic Barton e David Court, marzo 2013.
- [17] McKinsey: nel 2025 l'Internet of Things potrà valere l'11% dell'economia mondiale di Domenico Aliperto 17.7.2015.
- [18] Industrial Internet of Things: stato dell'arte e prospettive di Aldo Cavalcoli 13.1.2008.
- [20] <https://mondodigitale.timbusiness.it/supply-chain-e-iot-monitorare-con-i-dati/>

- [21] <https://www.mecalux.it/blog/machine-learning-supply-chain>
- [22] <https://www.generixgroup.com/it/blog/machine-learning-una-rivoluzione-nella-supply-chain>
- [23] <https://www.fintastico.com/it/blog/blockchain-e-supply-chain-management/>
- [24] <https://www.logisticaefficiente.it/wiki-logistica/supply-chain/cloud.html>
- [25] <https://www.pwc.com/gx/en/industrial-manufacturing/digital-supply-chain/supply-chain-2025.pdf>
- [26] <https://news.inpeco.com/industry-40-at-inpeco/>
- [27] Hamel G. (2014), "The Core Incompetencies of the Corporation", Harvard Business Review , 9: 55-59.
- [28] [29] [30] [31] https://www.adlittle.com/sites/default/files/prism/digital_lean_article.pdf
- [33] <https://newsroom.accenture.com/news/breaking-down-internal-barriers-in-companies-crucial-amid-increasing-digitization-accenture-study-finds.htm>
- [34] <https://www.agendadigitale.eu/industria-4-0/macchi-miragliotta-terzi-portioli-industria-4-0-e-lean-manufacturing-paradigmi-in-antitesi-o-sinergici/>
- [36] <https://www.mateconsulting.it/it/news/manufacturier/macchi-miragliotta-terzi-portioli-industria-4-0.htm>
- [40] <https://www.theleansixsigmacompany.it/blog/industria-4-0/industria-4-0-il-focus-su-efficienza-e-costi-da-solo-e-in-grado-di-assicurare-il-roi-dellinvestimento/>